

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Jalan

Jaringan jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006).

Untuk perencanaan jalan raya yang baik, bentuk geometriknya harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya, sebab tujuan akhir dari perencanaan geometrik ini adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan biaya juga memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan.

2.2 Klasifikasi Jalan

2.2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

Berdasarkan sifat dan pergerakan pada lalu lintas dan angkutan jalan, fungsi jalan dibedakan atas arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan (Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2004), yaitu :

1. Jalan Arteri

Jalan arteri adalah jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.

2. Jalan Kolektor

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

3. Jalan Lokal

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

4. Jalan Lingkungan

Jalan Lingkungan adalah jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah.

2.2.2 Klasifikasi menurut kelas jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan dikelompokkan dalam beberapa kelas berdasarkan:

- fungsi dan intensitas Lalu Lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan Jalan dan Kelancaran Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.
- daya dukung untuk menerima muatan sumbu terberat dan dimensi Kendaraan Bermotor.

Berikut ini klasifikasi kelas jalan yang telah dirangkum sesuai dengan golongan, ukuran dan juga berat kendaraan.

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas, Fungsi, Dimensi Kendaraan dan Muatan Sumbu Terberat

No	Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan (maksimum)			MST (ton)
			Lebar (mm)	Panjang (mm)	Tinggi (mm)	
1	I	Arteri	2.500	18.000	4.200	>10,0
2	II	Arteri	2.500	18.000	4.200	< 10,0

3	IIIA	Arteri atau Kolektor	2.500	18.000	3.500	< 8,0
4	IIIB	Kolektor	2.500	12.000	3.500	< 8,0
5	IIIC	Lokal	2.100	9.000	3.500	< 8,0

(Sumber : Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2009)

2.2.3 Klasifikasi menurut medan jalan

Klasifikasi jalan menurut medannya terbagi atas :

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

Tabel 2.2 Klasifikasi jalan menurut medan jalan

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

(Sumber: Bina Marga Tahun 1997)

3. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

2.2.4 Klasifikasi menurut pengawasannya

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai (Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2004) adalah sebagai berikut :

1. Jalan Nasional

Jalan arteri dan kolektor yang menghubungkan Ibukota Provinsi dan jalan lain provinsi yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional.

2. Jalan Provinsi

Jalan kolektor yang menghubungkan Ibukota Provinsi dengan Ibukota Kabupaten/Kota, antar Ibukota Kabupaten/Kota dan jalan yang bersifat strategis regional.

3. Jalan Kabupaten

Jalan lokal yang menghubungkan Ibukota Kabupaten dengan Ibukota Kecamatan, antar Ibukota, Kecamatan, Kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan Kota serta jalan strategis lokal.

4. Jalan Kota

Jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam Kota, pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar pusat pemukiman dan berada di dalam kota.

5. Jalan Desa

Jalan umum yang menghubungkan kawasan di dalam Desa dan antar pemukiman serta jalan lingkungan.

2.3 Perencanaan Geometrik

2.3.1 Pengertian Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute 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. Dalam penentuan rute suatu ruas jalan, sebelum sampai pada suatu keputusan akhir perancangan. Banyak faktor internal yang perlu ditinjau, seperti :

1. Tata ruang dimana jalan akan dibangun
2. Data perancangan sebelumnya pada lokasi atau sekitar lokasi
3. Data perancangan sebelumnya pada lokasi atau sekitar lokasi
4. Tingkat kecelakaan yang pernah terjadi akibat permasalahan geometric
5. Alternatif rute selanjutnya dalam rangka pengembangan jaringan jalan

6. Alternatif rute selanjutnya dalam rangka pengembangan jaringan jalan
7. Faktor lingkungan yang mendukung dan mengganggu
8. Faktor ketersediaan bahan, tenaga, dan peralatan

Peninjauan masalah dalam hal non-teknis biasanya banyak yang lebih mengganggu dari pada faktor teknis (Hamirhan Saodang Tahun 2010).

2.4 Data-data Perencanaan Jalan

2.4.1 Peta topografi

Peta topografi adalah peta yang menyajikan unsur ketinggian yang mewakili dari bentuk lahan. Selain itu peta topografi dapat diartikan peta yang menyajikan informasi spasial dari unsur-unsur pada muka bumi dan dibawah bumi meliputi, batas administrasi, vegetasi dan unsur-unsur buatan manusia. Peta topografi mempunyai garis lintang dan garis bujur dan titik pertemuannya menghasilkan koordinat. Koordinat ialah titik persilangan antara garis lintang dan bujur (Djauhari Noor Tahun 2012).

2.4.2 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur, pada satu jalur dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan. Analisis data lalu lintas, pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan. Akan tetapi harus tetap dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik lainnya, karena saling terkait satu dengan yang lainnya (Hamirhan Saodang Tahun 2010).

Untuk perencanaan teknik jalan baru, survey lalu lintas tidak dapat

dilakukan karena belum ada jalan. Akan tetapi, untuk menentukan dimensi jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan. Untuk itu dapat dilakukan sebagai berikut :

- 1) Survei perhitungan lalu lintas (*traffic counting*), dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- 2) Survei asal dalam tujuan (*origin and destination survey*), dilakukan pada lokasi yang dianggap dapat mewakili, dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang direncanakan.

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang didapat dengan mengalihkan atau mengonversi angka Faktor Ekuivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita peroleh dari hasil pendataan (km/jam). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) yang didapatkan untuk merencanakan tebal perkerasan (Shirley L. Hendarsin Tahun 2000).

Tabel 2.3 Penggolongan Kendaraan

Golongan	Jenis Kendaraan
1	Sepeda motor, sekuter, sepeda kumbang dan kendaraan
2	bermotor roda 3
3	Sedan, jeep dan station wagon
4	Oplet, pick-up opelet, suburban, combi, minibus
5a	Pick-up, micro truck dan mobil hantaran atau pick-up box
5b	Bus kecil
6a	Bus besar
6b	Truk 2 sumbu 4 roda
7a	Truk 2 sumbu 6 roda
7b	Truk 3 sumbu
7c	Truk gandengan
8	Truk semi trailer
	Kendaraan tidak bermotor; sepeda, becak,

	adong/dokar, gerobak sapi
--	---------------------------

(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

2.4.3 Data Geologi

Salah satu cara mendapatkan data geologi adalah dengan cara penyelidikan tanah yaitu pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP). Pengujian DCP dilakukan untuk mendapatkan besar daya dukung tanah dengan parameter yang dihasilkan adalah angka CBR pada lapisan dibawah *subgrade*.

2.4.4 Data Penyelidikan Tanah

a. Penelitian

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

a) Cara analisis

Tabel 2.4 Nilai R untuk perhitungan CBR segmen

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

9	3,08
>10	3,18

(Sumber : Silvia Sukirman Tahun 1995)

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah :

$$CBR_{\text{segmen}} = (CBR_{\text{rata-rata}} - CBR_{\text{min}}) / R$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmentilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan.

2.4.5 Data Penyelidikan Material

Mengidentifikasi material secara virtual yang dilakukan oleh teknisi tanah dilapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu :

1. Tanah berbutir kasar

Tanah yang termasuk dalam kelompok butiran kasar contohnya adalah kerikil dan pasir.

2. Tanah berbutir halus

Dilapangan tanah kelompok ini sudah dibedakan secara virtual antara lempung dan lanau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya (Shirley L. Hendarsin Tahun 2000).

2.5 Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan (Silvia Sukirman Tahun 1999). Pada potongan melintang jalan dapat terlihat bagian - bagian jalan. Bagian-bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut :

2.5.1 Jalur Lalu Lintas

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

terdiri beberapa lajur (*lane*) kendaraan. Lajur kendaraan yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah (Silvia Sukirman Tahun 1999). Jadi jumlah lajur minimal untuk jalan 2 arah adalah 2 dan pada umumnya disebut sebagai jalan 2 lajur 2 arah. Jalur lalu lintas untuk 1 arah minimal terdiri dari 1 lajur lalu lintas.

Lebar lajur lalu lintas merupakan bagian yang paling menentukan lebar melintang jalan secara keseluruhan. Besarnya lebar lajur lalu lintas hanya dapat ditentukan dengan pengamatan langsung di lapangan. Lebar kendaraan penumpang pada umumnya bervariasi antara 1,50 m - 1,75 m. Bina Marga mengambil lebar kendaraan rencana untuk mobil penumpang adalah 1,70 m - 2,50 m untuk kendaraan rencana truk/bis/semitrailer. Lebar lajur lalu lintas merupakan lebar kendaraan ditambah dengan ruang bebas antara kendaraan yang besarnya sangat ditentukan oleh keamanan dan kenyamanan yang diharapkan. Jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas dengan kecepatan tinggi, membutuhkan ruang bebas untuk menyiap dan bergerak yang lebih besar dibandingkan dengan jalan untuk kecepatan rendah.

Tabel 2.5 Lebar Lajur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,50
Kolektor	III A, III B	3,00
Lokal	III C	3,00

(Sumber: Bina Marga Tahun 1997)

2.5.2 Bahu Jalan

Bahu jalan adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang berfungsi sebagai :

- a. Ruang untuk tempat berhenti sementara kendaraan yang mogok atau yang sekedar berhenti karena pengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh, atau untuk beristirahat.
- b. Ruang untuk menghindarkan diri dari saat - saat darurat, sehingga dapat

mencegah terjadinya kecelakaan.

- c. Memberikan kelegaan pada pengemudi, dengan demikian dapat meningkatkan kapasitas jalan yang bersangkutan.
- d. Memberikan sokongan pada konstruksi perkerasan jalan dari arah samping.
- e. Ruangan pembantu pada waktu mengadakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan (untuk tempat penempatan alat - alat, dan penimbunan bahan material).
- f. Ruangan untuk lintasan kendaraan - kendaraan patroli, ambulans, yang sangat dibutuhkan pada keadaan darurat.

Berdasarkan tipe perkerasannya, bahu jalan dapat dibedakan atas :

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

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

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

Adapun lebar bahu pada jalan dapat dipengaruhi oleh :

- Fungsi jalan

Jalan arteri direncanakan untuk kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jalan lokal. Dengan demikian jalan arteri membutuhkan kebebasan samping, keamanan, dan kenyamanan yang lebih besar, atau menurut lebar bahu yang lebih lebar dari jalan lokal.

- Volume lalu lintas

Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar bahu yang lebih besar dibandingkan dengan volume lalu lintas yang lebih rendah.

- Kegiatan di sekitar jalan

Jalan yang melintasi daerah perkotaan, pasar, sekolah, membutuhkan lebar bahu jalan yang lebih besar daripada jalan yang melintasi daerah rural, karena bahu jalan tersebut dipergunakan pula sebagai tempat parkir dan pejalan kaki.

- Ada atau tidak adanya trotoar

- Biaya yang tersedia sehubungan dengan biaya pembebasan tanah, dan biaya untuk konstruksi. Lebar bahu jalan dengan demikian dapat bervariasi.

2.5.3 Saluran Samping

Umumnya bentuk saluran samping trapesium, atau empat persegi panjang. Untuk daerah perkotaan, dimana daerah pembebasan jalan sudah sangat terbatas, maka saluran samping dapat dibuat empat persegi panjang dari konstruksi beton dan ditempatkan dibawah trotoar. Sedangkan di daerah pedalaman dimana pembebasan jalan bukan menjadi masalah, saluran samping umumnya dibuat berbentuk trapesium. Dinding saluran dapat dengan mempergunakan pasangan batu kali atau tanah asli. Lebar dasar saluran disesuaikan dengan besarnya debit yang diperkirakan akan mengalir pada saluran tersebut, minimum 30 cm.

Saluran samping terutama berguna untuk :

- a. Mengalirkan air dari permukaan perkerasan jalan ataupun dari bagian luar jalan.
- b. Menjaga supaya konstruksi jalan selalu berada dalam keadaan kering tidak terendam.

2.5.4 Lapisan Perkerasan Jalan

Lapisan perkerasan jalan adalah lapisan konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang berfungsi menanggung beban lalu lintas. Lapisan perkerasan jalan dapat dibedakan atas lapisan permukaan, lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah, dan lapisan tanah dasar.

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai adalah batu pecah atau batu belah atau batu kali ataupun bahan lainnya. Bahan ikat yang dipakai adalah aspal, semen ataupun tanah liat.

2.5.5 Ruang Manfaat Jalan (Rumaja)

Ruang manfaat jalan adalah ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu yang ditetapkan oleh penyelenggara jalan yang digunakan untuk badan jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengamanannya. Badan meliputi jalur lalu lintas, dengan atau tanpa jalur pemisah dan bahu jalan dan diperuntukkan bagi median, perkerasan jalan, pemisahan jalur, bahu jalan, saluran tepi jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman timbunan dan galian gorong-gorong perlengkapan jalan dan bangunan pelengkap lainnya. Ruang manfaat jalan (Rumaja) dibatasi oleh :

- a. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan dikedua sisi jalan.
- b. Tinggi minimum 5 m di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan.
- c. Kedalaman minimum 1,5 m diukur dari permukaan perkerasan pada sumbu jalan.

2.5.6 Ruang Milik Jalan (Rumija)

Ruang milik jalan adalah ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu di luar manfaat jalan yang diperuntukkan bagi ruang manfaat jalan, pelebaran jalan,

penambahan jalur lalu lintas di masa datang serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan dan dibatasi oleh lebar, kedalaman, dan tinggi tertentu.

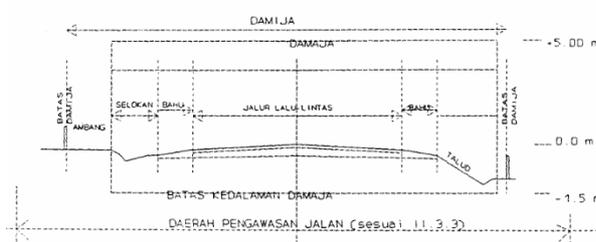
Rumija juga dimaksudkan sebagai ruang untuk dapat melakukan perawatan rutin dan pelebaran terhadap jalan / jalur di masa mendatang. Istilah rumija biasanya digunakan dalam konstruksi jalan tol, jalan setapak, transportasi rel, kanal, saluran listrik udara, serta jalur pipa minyak dan gas.

Biasanya pada jarak tiap 1 km dipasang patok rumija berwarna kuning. Sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan tetapi di dalam ruang milik jalan dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan keluasan keamanan penggunaan jalan antara lain untuk keperluan pelebaran ruang manfaat jalan dikemudian hari.

2.5.7 Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja)

Ruang pengawasan jalan adalah ruang sepanjang jalan di luar rumija yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu, yang ditetapkan oleh pembina jalan, dan digunakan untuk pandangan bebas pengemudi dan pengamanan konstruksi.

Gambar 2.1 Bagian-bagian Jalan



(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

2.6 Tipe Alinyemen

Tipe alinyemen adalah garis gambaran kemiringan daerah yang dilalui jalan, ditentukan oleh jumlah naik dan turun (m/km) dan jumlah lengkung horizontal (rad/km) sepanjang segmen jalan (Shirley L. Hendarsin Tahun 2000).

2.6.1 Karakteristik 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 ditinjau.

Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalur pada satu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau MST (Muatan Sumbu Terberat) yang berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan.

Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik dan lainnya, karena saling berkaitan satu sama lain. Unsur lalu lintas, adalah benda atau pejalan kaki sebagai bagian dari lalu lintas, sedangkan unsur lalu lintas diatas roda disebut kendaraan dengan unit (Shirley L. Hendarsin Tahun 2000).

2.6.2 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya digunakan sebagai acuan dalam perencanaan geometrik jalan (Bina Marga Tahun 1997). Kendaraan rencana dapat dikelompokkan kedalam beberapa kategori, yaitu:

1. Kendaraan kecil

Kendaraan ringan/kecil adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dan dengan jarak as 2,0 - 3,0 m (meliputi mobil penumpang, oplet, mikrobus, pick up, dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi bina marga).

2. Kendaraan sedang

Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 - 5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi bina marga).

3. Kendaraan besar

a. Bus besar (LB)

Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 - 6,0 m.

b. Truk besar (LT)

Truk tiga gandar dan truk kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama ke kedua) $< 3,5$ m (sesuai sistem klasifikasi bina marga).

4. Sepeda motor (MC)

Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi sepeda motor dan

kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi bina marga).

5. Kendaraan tak bermotor

Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi bina marga).

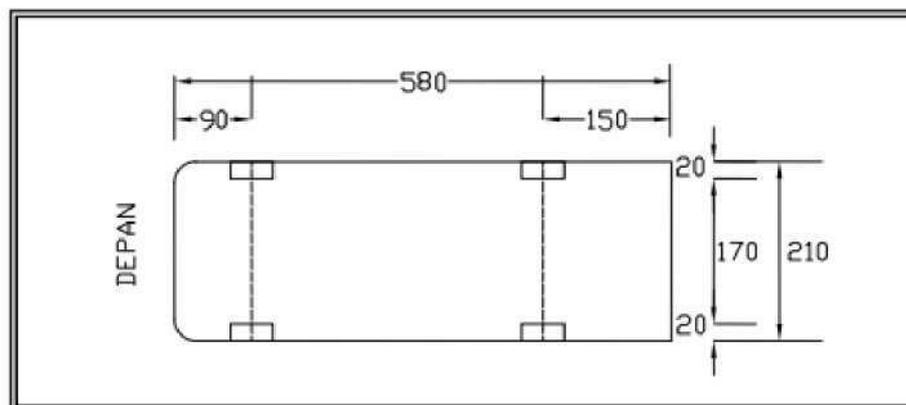
Dimensi dasar untuk masing - masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam Tabel 2.6

Tabel 2.6 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan Rencana (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar		Radius Tonjolan (cm)
	T	L	P	Depan	Belakang	Min	Max	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	420	260	2100	120	90	290	1400	1370

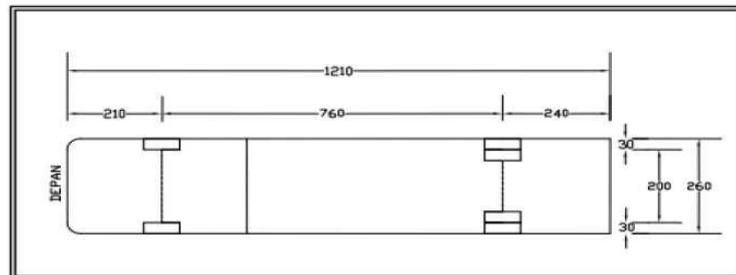
(Sumber: Bina Marga Tahun 1997)

Gambar 2.2 Dimensi kendaraan Kecil



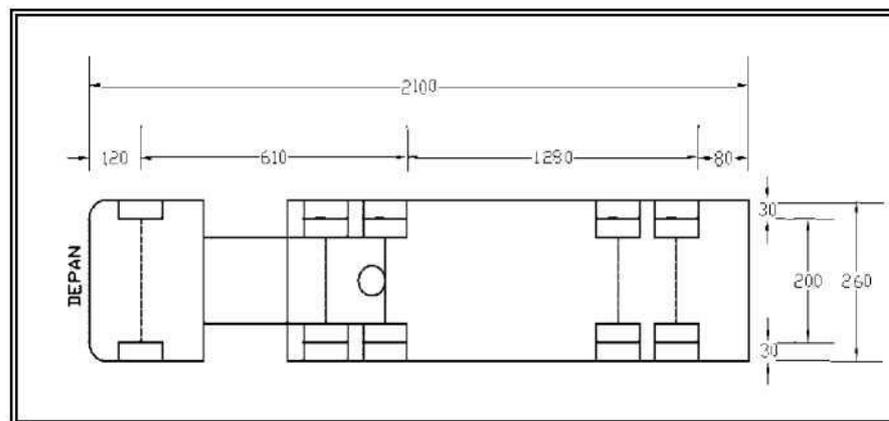
(Sumber: Bina Marga Tahun 1997)

Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang



(Sumber: Bina Marga Tahun 1997)

Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Besar



(Sumber: Bina Marga Tahun 1997)

2.6.3 Komposisi Lalu Lintas

Volume Lalulintas Harian Rata-Rata (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/hari.

1. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan arus lalu lintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan smp.

2. Ekivalensi Mobil Pengumpang (EMP)

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, $EMP = 1,0$)

Tabel 2.7 Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)

No.	Jenis Kendaraan	Datar/Bukit	Gunung
1.	Sedan , Jeep, Station wagon	1,0	1,0
2.	Pick up, Bus kecil, Truck kecil	1,2 - 2,4	1,9 - 3,5
3.	Bus dan Truck besar	1,2 - 5,0	2,2 - 6,0

(Sumber: Bina Marga Tahun 1997)

3. Faktor (F)

Faktor adalah variasi tingkat lalu lintas per 15 menit dalam satu jam.

4. Faktor VLHR (K)

Faktor untuk mengubah volume yang dinyatakan dalam VLHR menjadi lalulintas jam sibuk.

5. Volume Jam Rencana (VJR)

LHR dan LHRT adalah volume lalu lintas dalam satu hari, merupakan volume harian, sehingga nilai LHR dan LHRT itu tak dapat memberikan gambaran tentang fluktuasi arus lalu lintas lebih pendek dari 24 jam. LHR dan LHRT itu dapat memberikan gambaran perubahan-perubahan yang terjadi pada berbagai jam dalam hari, yang nilainya dapat bervariasi antara 0-100 % LHR. Oleh karena itu LHR atau LHRT itu tak dapat langsung dipergunakan dalam perencanaan geometrik.

Arus lalu lintas bervariasi dari jam ke jam berikutnya dalam satu hari, maka sangat cocok jika volume lalulintas dalam 1 jam dipergunakan untuk perencanaan. Volume dalam 1 jam yang dipakai untuk perencanaan dinamakan "Volume Jam Perencanaan (VJP)".

Volume jam perencanaan digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalulintas lainnya yang diperlukan, dihitung dengan rumus :

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F} \dots\dots\dots(2.1)$$

Tabel 2.8 Volume Jam Perencanaan

VLHR	Faktor / K (%)	Faktor / F (%)
>50.000	4 - 6	0,9 – 1
30.000 - 50.000	6 - 8	0,8 – 1
10.000 - 30.000	6 - 8	0,8 – 1
5.000 - 10.000	8 - 10	0,6 – 8
1.000 - 5.000	10 - 12	0,6 – 8
<1.000	12 - 16	<0,6

(Sumber: Bina Marga Tahun 1997)

6. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi tertentu Volume lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu. Nilai kapasitas dapat diperoleh dari penyesuaian kapasitas dasar/ideal dengan kondisi dari jalan yang direncanakan.

7. Derajat Kejenuhan (DS)

Rasio volume lalu lintas terhadap kapasitas

Tabel 2.9 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

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

(Sumber : Bina Marga Tahun 2017)

Ekuivalen mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam kapasitas jalan. Nilai emp untuk kendaraan rencana jalan antar kota seperti pada Tabel 2.10 berikut ini :

Tabel 2.10 Ekuivalensi Kendaraan Penumpang (emp) untuk untuk
Jalan Empat Lajur Dua Arah (4/2)

Tipe Alinyemen	Arus Total (kend/jam)		Emp			
	Jalan terbagi per arah (kend/jam)	Jalan tak terbagi per arah (kend/jam)	MHV	LB	LT	MC
Datar	0	0	1,2	1,2	2,6	0,5
	1000	1700	1,4	1,4	2,0	0,6
	1800	3250	1,6	1,7	2,5	0,8
	>2150	>3950	1,3	1,5	2,0	0,5
Bukit	0	0	1,8	1,6	4,8	0,4
	750	1350	2,0	2,0	4,6	0,5
	1400	2500	2,2	2,3	4,3	0,7
	>1750	>3150	1,8	1,9	3,5	0,4
Gunung	0	0	3,2	2,2	5,5	0,3
	550	1000	2,9	2,6	5,1	0,4
	1100	2000	2,6	2,9	4,8	0,6
	>1500	>2700	2,0	2,4	3,8	0,3

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997)

2.6.4 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang harus dipahami seperti, kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan, dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan (Silvia Sukirman Tahun 1999). Berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam perencanaan geometrik jalan raya yaitu:

a. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya dari bentuk jalan. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain:

- 1) Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan.
- 2) Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya.
- 3) Sifat dan penggunaan daerah.
- 4) Cuaca.
- 5) Adanya gangguan dari kendaraan lain.
- 6) Batasan kecepatan yang diizinkan.

Tabel 2.11 Kecepatan Rencana (VR) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (VR), 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 : Bina Marga Tahun 1997)

Kecepatan rencana (VR), pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti (Bina Marga Tahun 2004).

b. Volume dan Kapasitas Jalan

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas, maka digunakan "volume". Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintas satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebar sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan (Silvia Sukirman Tahun 1999).

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

1) Lalu Lintas Harian Rata - rata

Lalu lintas harian rata - rata adalah volume lalu lintas yang dua arah yang melalui suatu titik rata-rata dalam satu hari, biasanya dihitung sepanjang tahun. LHR adalah istilah yang baku digunakan dalam menghitung beban lalu lintas pada suatu ruas jalan dan merupakan dasar dalam proses perencanaan transportasi ataupun dalam pengukuran polusi yang diakibatkan oleh arus lalu lintas pada suatu ruas jalan. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal 2 jenis lalu lintas harian rata - rata, yaitu Lalu Lintas Harian Rata - rata Tahunan (LHRT) dan Lalu lintas Harian Rencana (LHR).

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

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

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas dalam 1 tahun}}{365 \text{ hari}} \dots\dots\dots(2.2)$$

(b) Lalu Lintas Harian Rencana (LHR)

Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots(2.3)$$

2) Volume Jam Rencana

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Tahun 1997, volume arus lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam SMP/hari. Sedangkan volume arus lalu lintas jam rencana adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{QDH} = \text{LHRT} \times k \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

QDH = Volume jam rencana

k = Faktor volume arus lalu lintas jam sibuk

Tabel 2.12 Penentuan Faktor-K dan Faktor-F Berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata - rata (VLHR)

VLHR (SMP/Hari)	Faktor-K (%)	Faktor-F (%)
>50.000	4 - 6	0,90 – 1
30.000-50.000	6 - 8	0,80 – 1
10.000-30.000	6 - 8	0,80 – 1
5.000-10.000	8 - 10	0,60 - 0,80
1.000-5.000	10 - 12	0,60 - 0,80
<1.000	12 - 16	<0,60

(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

Volume jam rencana digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan. Arus lalu lintas bervariasi dari jam ke jam berikutnya dalam satu hari. Volume satu jam yang dapat dipergunakan sebagai volume jam rencana harus sedemikian rupa, sehingga :

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

3) Jarak Pandang

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Jalan Antar Kota tahun 1997, jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi jika melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Jarak pandang dibedakan menjadi dua jenis jarak pandang, yaitu jarak pandang henti (J_h) dan jarak pandang mendahului (J_d) :

1) Jarak Pandang Henti (J_h)

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi ketentuan jarak pandang henti. Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.

Jarak pandang henti terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu :

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

Berdasarkan Shirley L. Hendarsin Tahun 2000 jarak pandang henti dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

$$J_h = J_{ht} + J_{hr} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$J_h = \frac{V_r}{3,6} T + \frac{\left(\frac{V_r}{3,6}\right)^2}{2 \cdot g \cdot f_p} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dari persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi :

- (a) Untuk jalan dasar

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times f_p} \dots\dots\dots (2.7)$$

- (b) Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times f_p + L} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

V_r = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = Percepatan gravitas, ditetapkan 9,8 m/det²

f_p = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 - 0,55
(menurut Bina Marga)

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

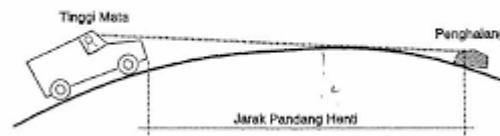
Tabel 2.13 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum

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

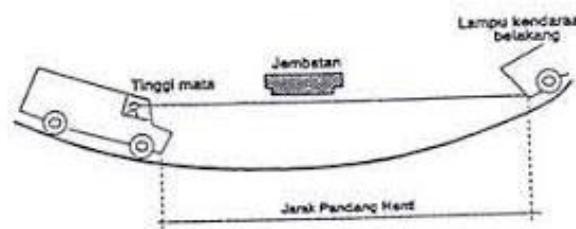
(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

Jarak pandang henti dapat dilihat pada gambar 2.5 dan gambar 2.6 berikut ini:

Lengkung Cembung



Gambar 2.5 Jarak Pandang Henti pada Lengkung Vertikal Cembung



Gambar 2.6 Jarak Pandang Henti pada Lengkung Vertikal Cekung

2) Jarak Pandang Mendahului

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang dibutuhkan pengemudi sehingga dapat melakukan gerakan menyiap suatu kendaraan dengan sempurna dan aman berdasarkan asumsi yang diambil.

Penentuan jarak pandang menyiap yang diperlukan pada jalan 2 lajur menurut AASHTO didasarkan pada jarak yang ditempuh dengan posisi kritis dari gerakan menyiap, sehingga secara teoritis diusahakan mendekati keadaan sesungguhnya. Jarak pandangan menyiap standar pada jalan 2 lajur 2 arah dihitung berdasarkan beberapa asumsi terhadap sifat arus lalu lintas yaitu :

- Kendaraan yang akan disiap harus mempunyai kecepatan yang tetap
- Sebelum melakukan gerakan menyiap, kendaraan harus mengurangi dan mengikuti kendaraan yang akan disiap dengan kecepatan yang sama
- Apabila kendaraan sudah berada pada lajur untuk menyiap, maka pengemudi harus mempunyai waktu untuk menentukan apakah gerakan menyiap dapat diteruskan atau tidak
- Kecepatan kendaraan yang menyiap mempunyai perbedaan sekitar 15 km/jam dengan kecepatan kendaraan yang akan disiap pada waktu melaksanakan kegiatan menyiap
- Pada saat kendaraan yang menyiap telah berada kembali pada laju jalannya, maka harus tersedia cukup jarak dengan kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan
- Tinggi mata pengemudi diukur dari permukaan perkerasan menurut AAHSTO'90 = 1,06 m (3,5 ft) dan tinggi objek yaitu kendaraan yang akan disiap adalah 1,25 m (4,25 ft), sedangkan Bina Marga (antar kota) mengambil tinggi mata pengemudi sama dengan tinggi objek (halangan) yaitu 1,05 cm.

Berdasarkan Shirley L. Hendarsin Tahun 2000, rumus yang digunakan :

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4 \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

d1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d2 = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)

d3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

d4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan (m)

Adapun rumusan estimasi d1, d2, d3, d4 adalah sebagai berikut :

$$d1 = 0,287 T1 (VR - m + \frac{a.T1}{2}) \dots\dots\dots (2.10)$$

$$d2 = 0,278 VR T2 \dots\dots\dots (2.11)$$

$$d3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$d4 = 2/3 \cdot d2 \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

T1 = Waktu dalam (detik), = 2,12 + 0,026 VR

T2 = Waktu kendaraan berada di jalur lawan (detik) = 6,56 + 0,048 VR

a = Percepatan rata - rata (km/jam/detik) = 2,052 + 0,0036 VR

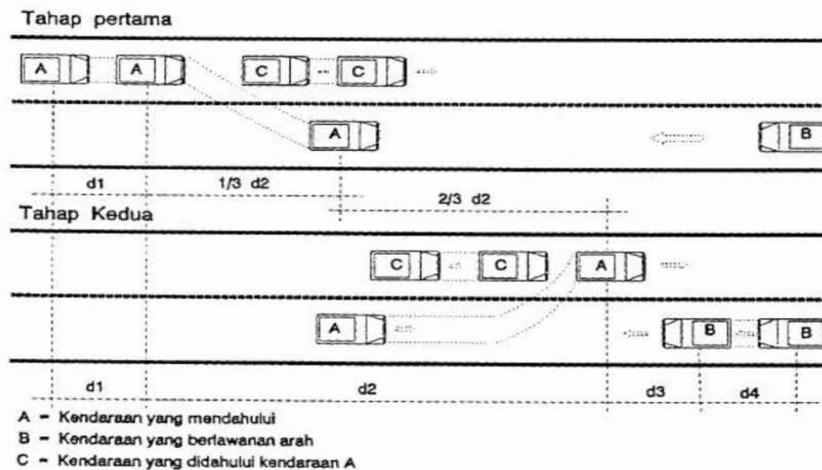
m = Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului, (biasanya diambil 10 - 15 km/jam)

Daerah mendahului harus disebar disepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30 % dari panjang total ruas jalan tersebut. Jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada Tabel 2.18

Tabel 2.14 Jarak Pandang Mendahului (Jd) berdasarkan VR

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

(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)



Gambar 2.7 Diagram Pergerakan Kendaraan Untuk Mendahului

2.7 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal dikenal juga dengan sebutan "situasi jalan". Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis-garis lengkung tersebut terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja, ataupun busur lingkaran saja (Shirley L. Hendarsin Tahun 1999).

Dalam perencanaan garis lurus atau bagian jalan yang lurus perlu dipertimbangkan keselamatan pemakai jalan akibat kelelahan pengemudi dimana panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu < 2,5 menit (VR).

2.7.1 Menentukan titik koordinat

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

2.7.2 Menghitung panjang garis tangen

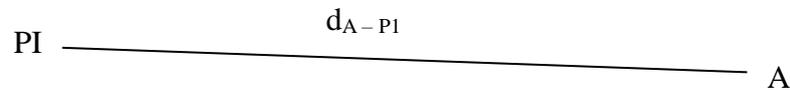
Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian-bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal atau penampang jalan dan potongan melintang.

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

$$d_{A-PI} = \sqrt{(Xb - Xa)^2 + (Yb - Ya)^2} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

- d_{A-PI} = Jarak titik A ke P1
- Xb = Koordinat titik PI.1 pada sumbu X
- Xa = Koordinat titik A pada sumbu X
- Yb = Koordinat titik PI.1 pada sumbu Y
- Ya = Koordinat titik A pada sumbu Y



Tabel 2.15 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

2.7.3 Menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangent (A)

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

$$\angle \alpha_1 = \text{Arc tg} \left(\frac{XP_1 - X_A}{YP_1 - Y_A} \right)$$

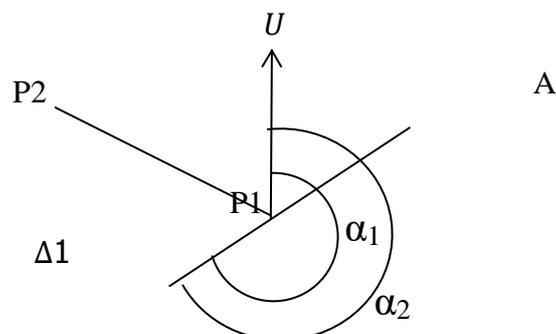
$$\angle \alpha_2 = \text{Arc tg} \left(\frac{XP_2 - X_1}{YP_2 - Y_1} \right)$$

$$\angle \Delta_1 = \angle \alpha_2 - \angle \alpha_1$$

Keterangan $\angle \alpha_1$ = Sudut azimuth titik A – P1

$\angle \alpha_2$ = Sudut azimuth titik P1 – P2

$\angle \Delta_1$ = Sudut *bearing* pada titik P1

Gambar 2.8 Sudut Δ pada titik P1

2.7.4 Menghitung medan jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan, dapat dilihat pada tabel 2.2 apakah medan jalan tersebut datar, perbukitan atau pegunungan.

2.7.5 Jenis-Jenis Tikungan

Pada perencanaan garis - garis lengkung peralihan atau tikungan perlu dilakukan perhitungan kemiringan jalan atau superelevasi, karena ada tikungan akan bekerja gaya yang dapat mendorong kendaraan secara radial keluar jalur yang disebut gaya sentrifugal. Superelevasi bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya sentrifugal. Semakin besar superelevasi, maka semakin besar komponen berat kendaraan yang diperoleh.

Pada saat kendaraan melalui tikungan akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang. Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari - jari minimum untuk superelevasi maksimum dapat dilihat pada Tabel 2.16 berikut ini :

Tabel 2.16 Panjang Jari - Jari Minimum untuk emaks = 10%

VR(km/j am)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan perlu tipe dan kelas jalan. Menurut (Silvia Sukirman Tahun 1999) ada 3 bentuk lengkung horizontal atau tikungan, yaitu :

- a. Tikungan *Full Circle (FC)*
- b. Tikungan *Spiral - Circle - Spiral (SC)*
- c. Tikungan *Spiral - Spiral (SS)*

a. Tikungan *Full Circle* (FC)

Tikungan *Full Circle* adalah jenis tikungan yang terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *Full Circle* hanya digunakan untuk R (jari - jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar (Shirley L. Hendarsin Tahun 2000). Jari -jari tikungan jenis *Full Circle* ditunjukkan pada Tabel 2.21 :

Tabel 2.17 Jari-jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

Rumus yang digunakan pada perencanaan tikungan *Full Circle*, yaitu :

$$F_{max} = -0,00125.V + 0,240 \text{ (untuk } V \geq 80\text{km/jam)} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$R_{min} = \frac{VR^2}{127 (e_{max} + F_{max})} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V^2} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$D = \frac{1432,39}{R} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$e = -\left(\frac{e_{max}}{D^2} x D^2\right) + \left(\frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} x D\right) \dots\dots\dots (2.19)$$

$$T_c = R \cdot \tan \frac{1}{2} x \Delta \dots\dots\dots (2.20)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} x \Delta \dots\dots\dots (2.21)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} x \Delta x R \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot T_c > L_c \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

Δ = Sudut tangen ($^{\circ}$)

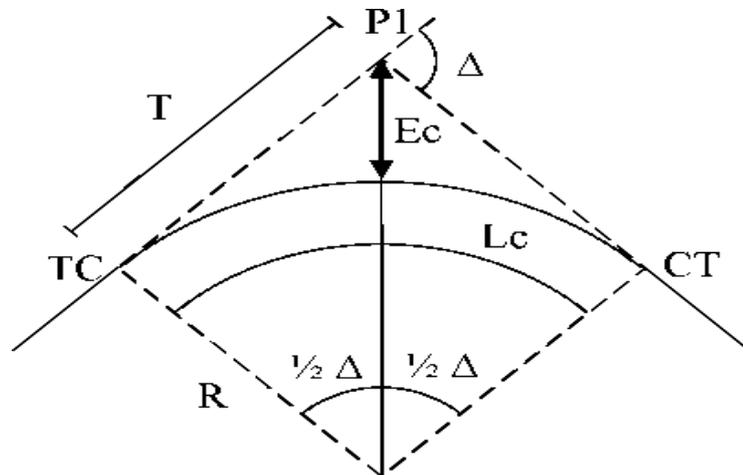
T_c = Panjang tangen jarak dari TC ke PI ke CT (m)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

E_c = Panjang luar PI ke busur lingkaran (m)

L_c = Panjang busur lingkaran (m)

D = Derajat Lengkung (m)



(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

Gambar 2.8 Tikungan *Full Circle*

b. Tikungan *Spiral — Circle — Spiral*

Menurut (Shirley L. Hendarsin Tahun 2000), tikungan ini terdiri dari bagian lingkaran (*circle*) dan dua lengkung peralihan (*spiral*) yang diletakkan sebelum dan sesudah busur lingkaran. Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba - tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran. Ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan ini adalah sebagai berikut :

$$F_{max} = -0,00125.V + 0,240 \text{ (untuk } V \geq 80\text{km/jam)} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$R_{min} = \frac{VR^2}{127 (e_{max} + F_{max})} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{v^2} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$D = \frac{1432,39}{R} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$e = -\left(\frac{e_{max}}{D^2_{max}} \times D^2\right) + \left(\frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} \times D\right) \dots\dots\dots(2.28)$$

Panjang lengkung peralihan (Ls), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, diambil nilai terbesar dari tiga persamaan

berikut ini :

- a. Berdasarkan tabel bina marga

$$Ls1 = 45 \text{ m}$$

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

$$Ls2 = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (2.30)$$

- c. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$Ls3 = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R \cdot C} - 2,727 \cdot \frac{V \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.31)$$

- d. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$Ls4 = \frac{e_m - e_n}{3,6 \cdot \Gamma e} \cdot V_R \dots\dots\dots (2.32)$$

Dimana :

T = Waktu tempuh = 3 detik

VR = Kecepatan rencana (km/jam)

e = Superelevasi

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

Rc = Jari - jari busur lingkaran (m)

em = Superelevasi maksimum

en = Superelevasi minimum

re = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan

- Untuk $V_R \leq 70$ km/jam, $re = 0,035$ m/m/det

- Untuk $V_R \geq 80$ km/jam, $re = 0,025$ m/m/det

Berdasarkan dari Ls alternatif a, b, c, dan d diambil nilai yang terbesar

$$\theta_s = \frac{90^\circ}{\pi} \cdot \frac{Ls}{R} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$\Delta c = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots (2.30)$$

$$p = \frac{Ls^2}{6R} - R (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.31)$$

$$k = Ls - \frac{Ls^3}{40 \cdot R} - R \cdot \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.32)$$

$$L_c = \frac{\Delta c}{180^\circ} \cdot \pi \cdot R \dots\dots\dots(2.33)$$

$$T_s = (R + p) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots(2.34)$$

$$E_s = \frac{(R+p)}{\cos^2 \frac{\Delta}{2}} - R \dots\dots\dots(2.35)$$

$$L_{total} = L_c + 2 \cdot L_s \dots\dots\dots(2.36)$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \cdot R^2} \right) \dots\dots\dots(2.37)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R} \dots\dots\dots(2.38)$$

Dimana :

θ_s = Sudut lengkung spiral ($^\circ$)

Δc = Sudut lengkung *Circle* ($^\circ$)

L_c = Panjang busur lingkaran (jarak SC - CS), (m)

Y_s = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen (m)

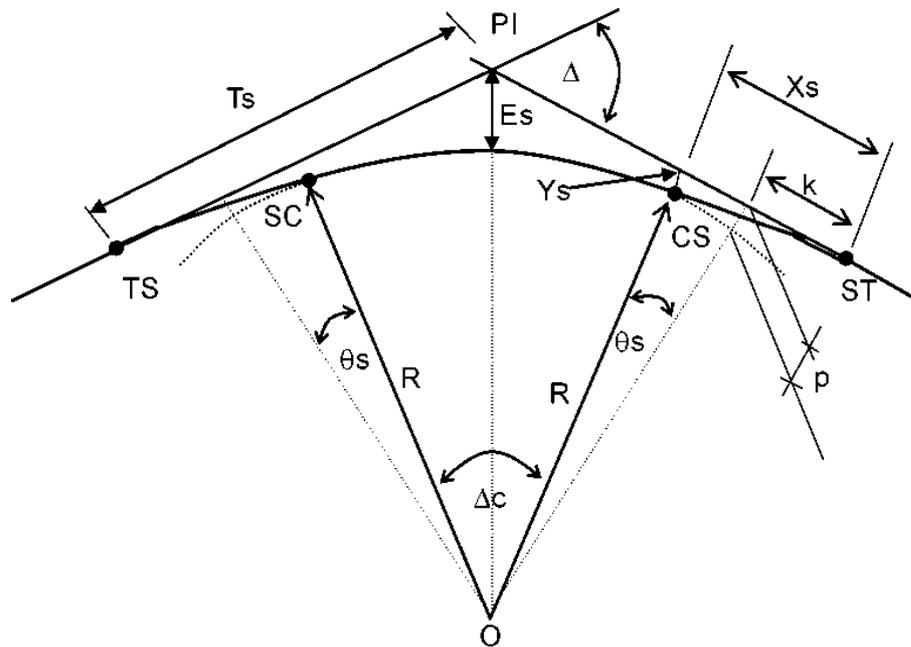
X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS - SC (jarak lurus lengkung peralihan), (m)

p = Pergeseran tangen terhadap *spiral* (m)

k = Absis p pada garis tangen *spiral* (m)

T_s = Jarak tangen dari PI ke TS atau ST (m)

E_s = Jarak dari PI ke puncak busur lingkaran (m)



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

Gambar 2.10 Tikungan *Spiral - Circle - Spiral*

c. Tikungan *Spiral - Spiral*

Tikungan tipe *Spiral - Spiral* merupakan tikungan dimana lengkung peralihannya dipasang pada bagian awal yaitu pada bagian ujung dan di titik balik pada lengkungan untuk menjamin perubahan yang tidak mendadak pada jari-jari tikungan, superelevasi dan pelebaran jalan.

Menurut Silvia Sukriman Tahun 1999, lengkung horizontal berbentuk *Spiral- Spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran sehingga titik SC berimpit dengan titik CS. Panjang busur lingkaran $L_c = 0$, dan $\theta_s = \frac{1}{2} \cdot \Delta$.

Adapun ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan *spiral - spiral* adalah sebagai berikut :

$$F_{max} = -0,00125 \cdot V + 0,240 \text{ (untuk } V \geq 80\text{km/jam)} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$R_{min} = \frac{v^2}{127 (e_{max} + F_{max})} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{v^2} \dots\dots\dots (2.41)$$

$$D = \frac{1432,39}{R} \dots\dots\dots (2.42)$$

$$e = -\left(\frac{e_{max}}{D^2_{max}} \times D^2\right) + \left(\frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} \times D\right) \dots\dots\dots (2.43)$$

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

- a. Berdasarkan tabel bina marga

$$L_{s1} = 45 \text{ m} \dots\dots\dots (2.44)$$

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

$$L_{s2} = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (2.45)$$

- c. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$L_{s3} = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R \cdot C} - 2,727 \cdot \frac{V \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.46)$$

- d. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_{s4} = \frac{e_m - e_n}{3,6 \cdot \Gamma e} \cdot V_R \dots\dots\dots (2.47)$$

Dimana :

T = Waktu tempuh = 3 detik

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

e = Superelevasi

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

Rc = Jari - jari busur lingkaran (m)

e_m = Superelevasi maksimum

e_n = Superelevasi minimum

re = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan

- Untuk $V_R \leq 70$ km/jam, re = 0,035 m/m/det

- Untuk $V_R \geq 80$ km/jam, re = 0,025 m/m/det

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.48)$$

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

$$K = k^* \times L_s \dots\dots\dots(2.50)$$

$$P = p^* \times L_s \dots\dots\dots(2.51)$$

$$T_s = (R + P) \times \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots\dots\dots(2.52)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots (2.53)$$

$$L_{tot} = 2 \cdot L_s \dots\dots\dots(2.54)$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot L_s < 2 \cdot T_s \dots\dots\dots(2.55)$$

Dimana :

E_s = Jarak dari PI ke busur lingkaran

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

L_s = Panjang lengkung peralihan (jarak TS - SC atau CS - ST), (m)

Δ = Sudut tikungan ($^{\circ}$)

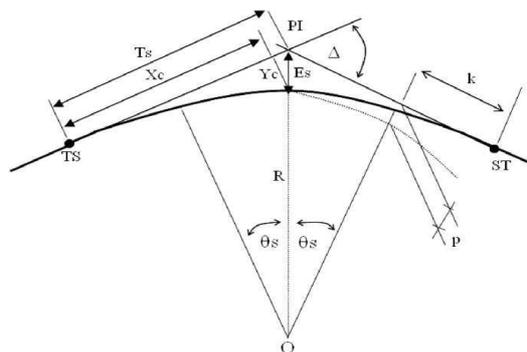
θ_s = Sudut lengkung *spiral* ($^{\circ}$)

R = Jari - jari tikungan (m)

L = Panjang tikungan S - S (m)

p = Pergeseran tangen terhadap *spiral* (m)

k = Absis p pada garis tangen *spiral* (m)



(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

Gambar 2.11 Tikungan *Spiral – Spiral*

2.7.6 Diagram Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu yaitu berfungsi untuk mempermudah dalam pelaksanaan pengerjaan.

- a. Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- b. Pada tikungan spiral-circle-spiral, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (S) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.
- c. Pada tikungan full circle, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang $2/3 L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3 L_s$.
- d. Pada tikungan spiral-spiral. Pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- e. Superelevasi tidak diperlukan jika ruas cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN).

Pada tikungan *Full Circle* (FC) karena lengkung hanya berbentuk busur lingkaran saja, maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada bagian lengkung. Karena bagian lengkung peralihan itu sendiri tidak ada, maka panjang daerah pencapaian kemiringan disebut sebagai panjang peralihan fiktif (L_s'). Bina Marga menempatkan $\frac{3}{4} L_s'$ dibagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan $\frac{1}{4} L_s'$ ditempatkan di bagian lengkung (kanan TC atau kiri CT). Sedangkan AASHTO menempatkan $2/3 L_s'$ di bagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan $1/3 L_s'$ ditempatkan di bagian lengkung (kanan TC atau kiri CT).

Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier melalui dari bentuk normal pada bagian lurus sampai bentuk superelevasi penuh pada bagian akhir lengkung peralihan SC. Pada tikungan SS, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral. Superelevasi tidak

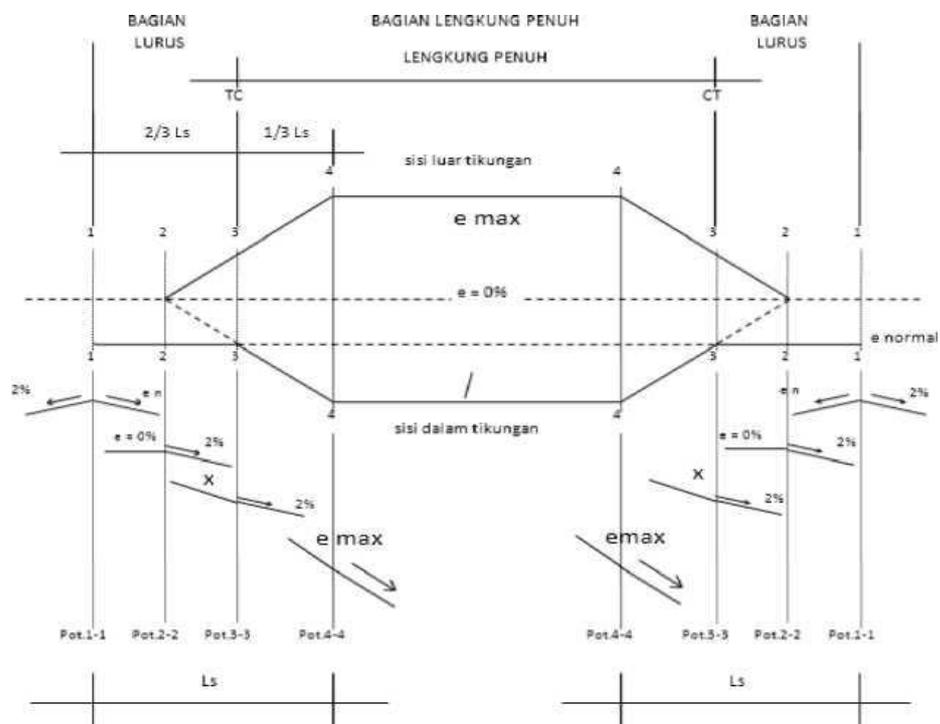
diperlukan jika jari - jari (R) cukup besar

untuk itu cukup lereng diputar sebesar lereng normal (LP) atau bahkan tetap dipertahankan sebesar lereng normal (LN). Untuk nilai panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi dapat dilihat pada Tabel 2.28 di bawah ini.

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan - kemiringan jalan pada bagian tertentu berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya dan pelaksanaannya di lapangan. Diagram superelevasi digambarkan berdasarkan elevasi sumbu jalan sebagai garis nol. Ada tiga cara dalam menggambarkan diagram superelevasi, yaitu :

- Sumbu jalan dipergunakan sebagai sumbu putar.
- Tepi perkerasan jalan sebelah dalam digunakan sebagai sumbu putar.
- Tepi perkerasan jalan sebelah luar digunakan sebagai sumbu putar.

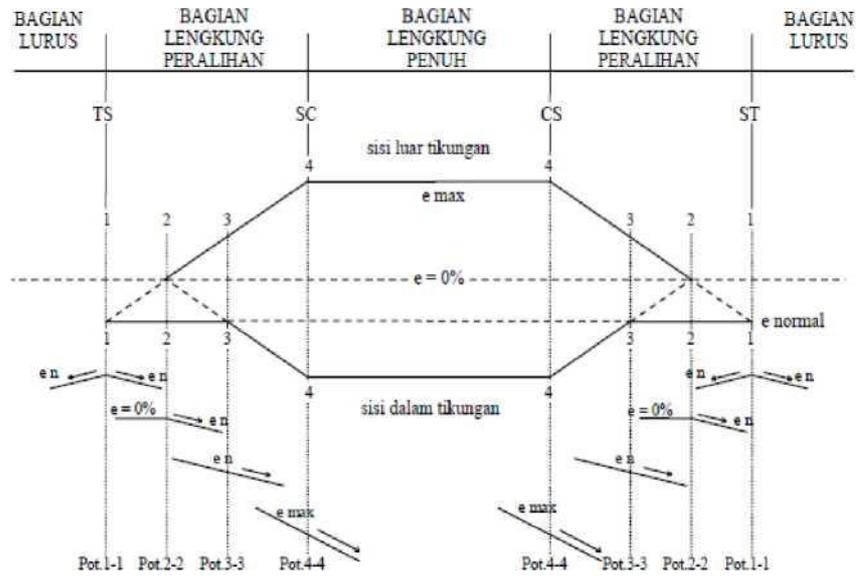
a. Diagram Superelevasi *Full Circle*



(Sumber: Bina Marga Tahun 1997)

Gambar 2.12 Pencapaian Superlelevasi Tikungan Full Circle

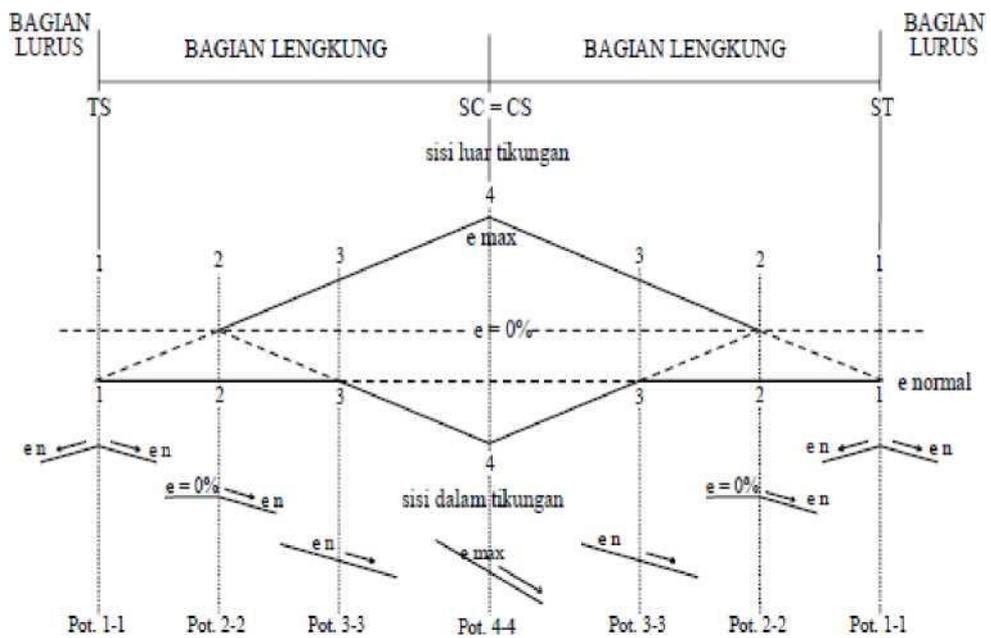
b. Diagram Superelevasi *Spiral - Circle - Spiral*



(Sumber: Bina Marga Tahun 1997)

Gambar 2.13 Pencapaian Superleveasi Tikungan Spiral Circle Spiral

c. Diagram Superelevasi *Spiral - Spiral*



(Sumber: Bina Marga Tahun 1997)

Gambar 2.14 Pencapaian Superleveasi Tikungan *Spiral Spiral*

Tabel 2.18 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan (emaks = 10%, metode Bina Marga)

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

(Sumber : Silvia Sukirman Tahun 1999)

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

$$B = \sqrt{(\sqrt{Rc^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2}b)^2 + (p + A)^2} - \sqrt{Rc^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2}b \dots (2.56)$$

$$= \sqrt{(\sqrt{Rc^2 - (6,5 + 1,5)^2} + \frac{1}{2}2,5)^2 + (6,5 + 1,5)^2} - \sqrt{Rc^2 - (6,5 + 1,5)^2} + \frac{1}{2}2,5 \dots (2.57)$$

$$= \sqrt{(\sqrt{Rc^2 - 8^2} + 1,25)^2 + (8)^2} - \sqrt{Rc^2 - (8)^2} + 1,25 \dots (2.58)$$

$$= \sqrt{(\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25)^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots (2.59)$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam (m).

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan.

b = Lebar kendaraan rencana = 2,5 m

p = Jarak antar gandar = 6,50 m

A = Tonjolan depan kendaraan = 1,5 m

Dimana nilai radius lengkung untuk lintasan luar roda depan (Rc) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$Rc = R - \frac{1}{2} Bn + \frac{1}{2} b \dots (2.60)$$

Dimana :

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

Bn = Lebar total perkerasan pada abgian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

$$Bt = n (B + C) + Z \dots (2.61)$$

$$Z = 0,105 \frac{V}{\sqrt{R}} (m) \dots (2.62)$$

Dimana :

n = Jumlah jalur lalu lintas

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur

sebelah dalam (m).

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan (m)

C = Lebar kebebasan samping di kiri dan kanan jalan (m)

0,5 m untuk lebar lajur 6 m; 1 m untuk lebar lajur 7 m; 1,25 m untuk lebar lajur 7,5 m

Adapun rumus untuk menghitung tambahan lebar perkerasan di tikungan sebagai berikut :

$$Ab = Bt - Bn \dots\dots\dots(2.63)$$

Dimana :

Ab = Tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

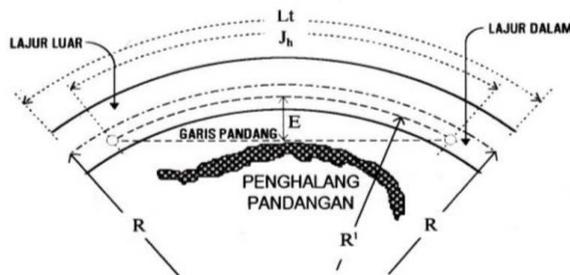
Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

V = Kecepatan rencana (km/jam)

R = Jari - jari tikungan

2.7.8 Kebebasan Samping pada Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga Jh dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai ke objek penghalang pandangan sehingga memenuhi persyaratan Jh. Menurut Bina Marga daerah bebas samping ditikungan di hitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :



Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

Gambar 2.16 Daerah bebas samping ditikungan untuk Jh < Lt

1. Jika $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 \cdot J_h}{R'} \right) \dots\dots\dots(2.63)$$

Dimana :

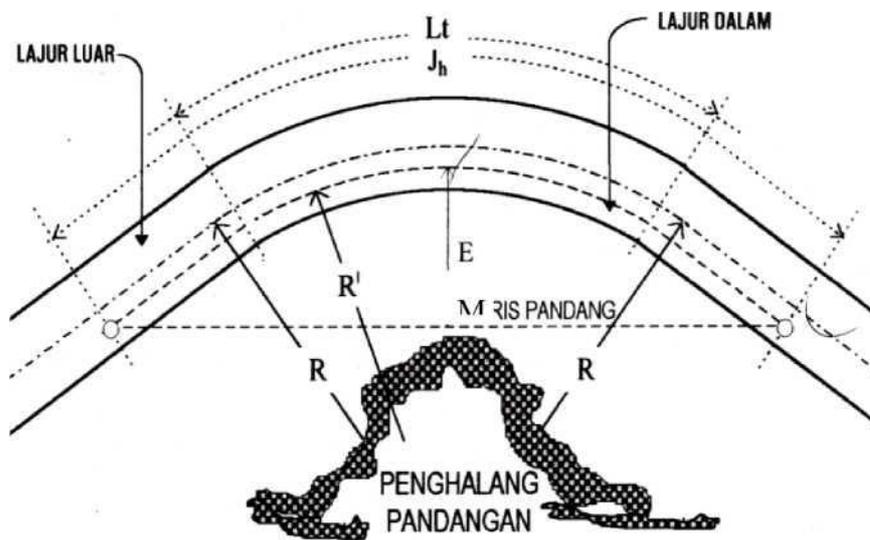
E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari - jari tikungan (m)

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

Jh = Jarak pandang henti (m)

2. Jika $J_h > L_t$



(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

Gambar 2.17 Daerah bebas samping ditikungan untuk $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 \cdot J_h}{R'} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 \cdot J_h}{R'} \right) \dots\dots\dots(2.64)$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari - jari tikungan (m)

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

Jh = Jarak pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)

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

$$M = R (1 - \text{Cos } \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \text{Sin } \theta \dots\dots\dots(2.65)$$

Dimana :

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

θ = Setengah sudut pusat sepanjang L ($^{\circ}$)

R = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

S = Jarak pandangan (m)

L = Panjang tikungan (m)

2.7.9 Penomoran Panjang - Jalan (*Stationing*)

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval - interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Di samping itu dari penomoran jalan tersebut dapat diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya (Silvia Sukirman Tahun 1999).

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

- Setiap 100 m, untuk daerah datar
- Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- Setiap 25 m, untuk daerah gunung

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

- a. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di Ibukota Provinsi atau Kotamadya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
- b. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar

yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaannya proyek jalan tersebut.

2.8 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 untuk 2 laur 2 arah atau melalui tepi masing - masing perkerasan untuk jalan dengan median.

Perencanaan alinyemen vertikal dipengaruhi oleh besarnya biaya pembangunan yang tersedia. Alinyemen vertikal yang mengikuti muka tanah asli akan mengurangi pekerjaan tanah, tetapi mungkin saja akan mengakibatkan jalan itu terlalu banyak mempunyai tikungan. Tentu saja hal ini belum tentu sesuai dengan persyaratan yang diberikan sehubungan dengan fungsi jalannya.

Muka jalan sebaiknya diletakkan sedikit diatas muka tanah asli sehingga memudahkan dalam pembuatan drainase jalannya, terutama di daerah yang datar. Pada daerah yang seringkali di landa banjir sebaiknya penampang memanjang jalan diletakkan diatas elevasi muka banjir. Di daerah perbukitan atau pegunungan di usahakan banyaknya pekerjaan galian seimbang dengan pekerjaan timbunan, sehingga secara keseluruhan biaya yang dibutuhkan tetap dapat dipertanggungjawabkan.

Perlu pula diperhatikan bahwa alinyemen vertikal yang direncanakan itu akan berlalu untuk masa panjang, sehingga sebaiknya alinyemen vertikal yang dipilih tersebut dapat dengan mudah mengikuti perkembangan lingkungan.

Alinyemen vertikal disebut juga penampang memanjang jalan yang terdiri, dari garis - garis lurus dan garis - garis lengkung. Garis lurus tersebut dapat datar, mendaki, menurun dan biasa disebut landai dengan dinyatakan persen. Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan) sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung, disamping kedua lengkung tersebut ditemui juga kelandaian = 0 (datar).

2.8.1 Kelandaian

a. Kelandaian Minimum

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

Untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah 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 adalah 0,30 - 0,50%. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh di atas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan.

b. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum untuk berbagai VR dapat dilihat dalam Tabel 2.19

Tabel 2.19 Kelandaian Maksimum yang Diizinkan

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

(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

c. Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian rupa sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (VR). Lama

perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari 1 menit.

Tabel 2.20 Panjang Kritis (m)

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

(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

d. Lajur Pendakian

Pada jalan jalur 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. Dalam hal ini sebaiknya dipertimbangkan untuk membuat lajur tambahan disebelah kiri lajur jalan.



Gambar 2.17 Lajur Pendakian

2.8.2 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.

Bentuk lengkung vertikal adalah parabola dengan asumsi sederhana sehingga elevasi panjang lengkung dapat diperkirakan panjangnya, panjang minimum lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai dengan Tabel 2.21

Tabel 2.21 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan Kelandaian Memanjang (%)	Panjang Lengkung (m)
< 40	1	20-30
40 -60	0,6	40-80
> 60	0,4	80-150

(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-) ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan. Adapun rumus yang dipergunakan untuk lengkung vertikal adalah sebagai berikut :

$$A = g1 \pm g2 \dots \dots \dots (2.66)$$

$$y' = \left[\frac{g2-g1}{200 Lv} \right] \cdot x^2 \dots \dots \dots (2.67)$$

Untuk $x = \frac{1}{2} Lv$, maka $y' = Ev$ yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Ev = \frac{(g2-g1) Lv}{800} \dots \dots \dots (2.68)$$

Dimana :

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

y' = Besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkungan (m)

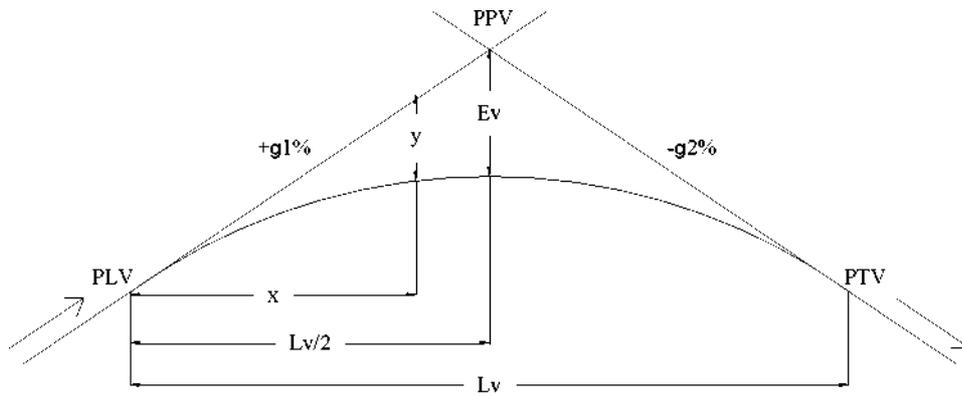
$g1, g2$ = Besar kelandaian (kenaikan/penurunan), (%)

Lv = Panjang lengkung vertikal (m)

Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua bagian yang lurus (*tangen*), yaitu :

a. Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua *tangen* berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan. Gambar lengkung vertikal cembung dapat dilihat pada gambar 2.18 di bawah ini :



Gambar 2.18 Lengkung vertikal cembung

Keterangan :

G1 dan G2 = Besarnya kelandaian (%)

Tanda (+) = Pendakian

Tanda (-) = Penurunan

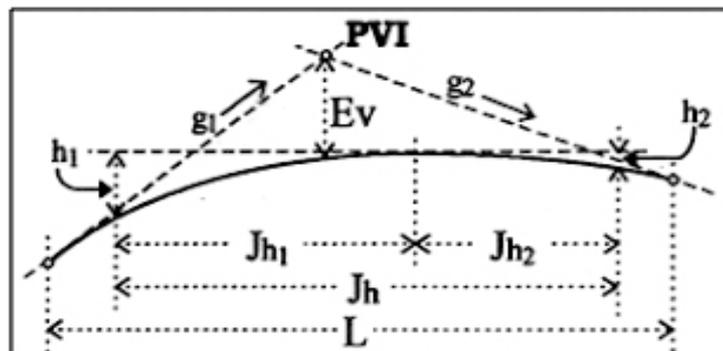
Ev = Pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

PPV = Titik perpotongan vertikal

Panjang lengkung vertikal cembung (Lv), dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

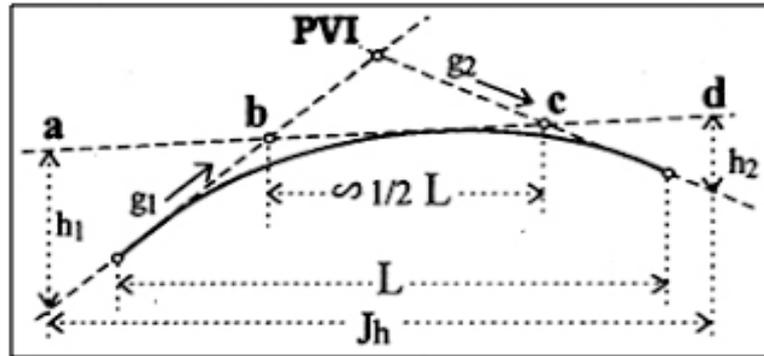
a) Panjang Lv berdasarkan Jh (dalam meter)

$J_h < L_v$, maka $L_v = \frac{A \cdot J_h^2}{399}$ (2.69)



Gambar 2.19 Panjang Lv untuk $J_h < L_v$

$J_h > L_v$, maka $L_v = 2 J_h - \frac{399}{A}$ (2.70)



Gambar 2.20 Panjang L_v untuk $J_h > L_v$

b) Panjang L_v berdasarkan J_d (dalam meter)

$J_d < L_v$, maka $L_v = \frac{A J_d^2}{840}$ (2.71)

$J_d > L_v$, maka $L_v = 2 J_d - \frac{840}{A}$ (2.72)

Dimana:

Panjang L_v dasarkadala meter)Dimana :

J_h = Jarak pandang henti (m)

J_d = Jarak pandang mendahului/menyiap (m)

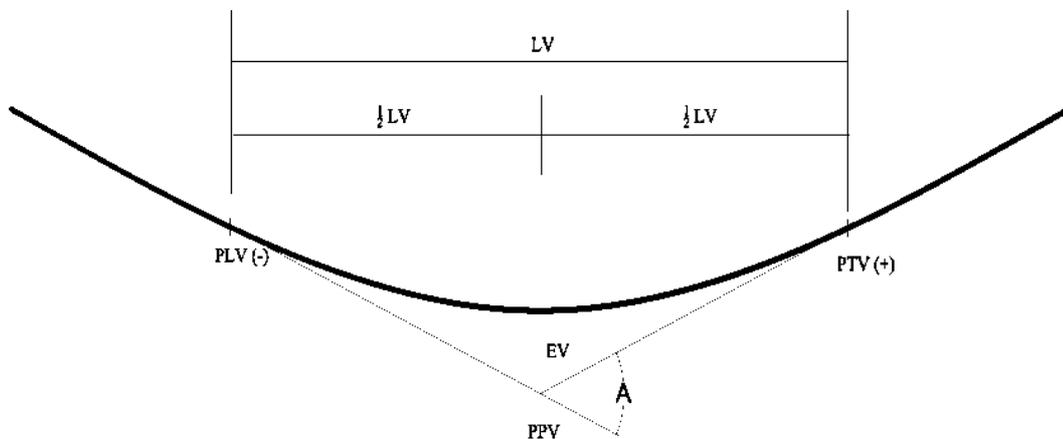
g_1, g_2 = Kemiringan/*tangen* (%)

L_v = Panjang Lengkung (m)

A = Perbedaan aljabar untuk kelandaian (%), dimana $A = g_1 \pm g_2$

b. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua *tangen* berada di bawah permukaan jalan. Gambar lengkung vertikal cekung dapat dilihat pada gambar 2.20 di bawah ini :



Gambar 2.21 Lengkung Vertikal Cekung

Keterangan :

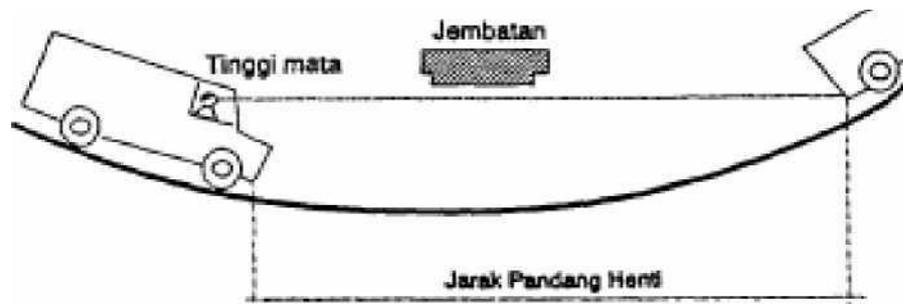
G1 dan G2 = Besarnya kelandaian (%)

Tanda (+) = Pendakian

Tanda (-) = Penurunan

Ev = Pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

PPV = Titik perpotongan vertikal



(Sumber : Bina Marga Tahun 1997)

Gambar 2.22 Jarak Pandang Lengkung Vertikal Cekung

Dalam menentukan panjang lengkung vertikal cekung, harus memperhatikan antara lain :

- Jarak penyinaran lampu kendaraan.
- Jarak pandang bebas di bawah bangunan.
- Persyaratan drainase.

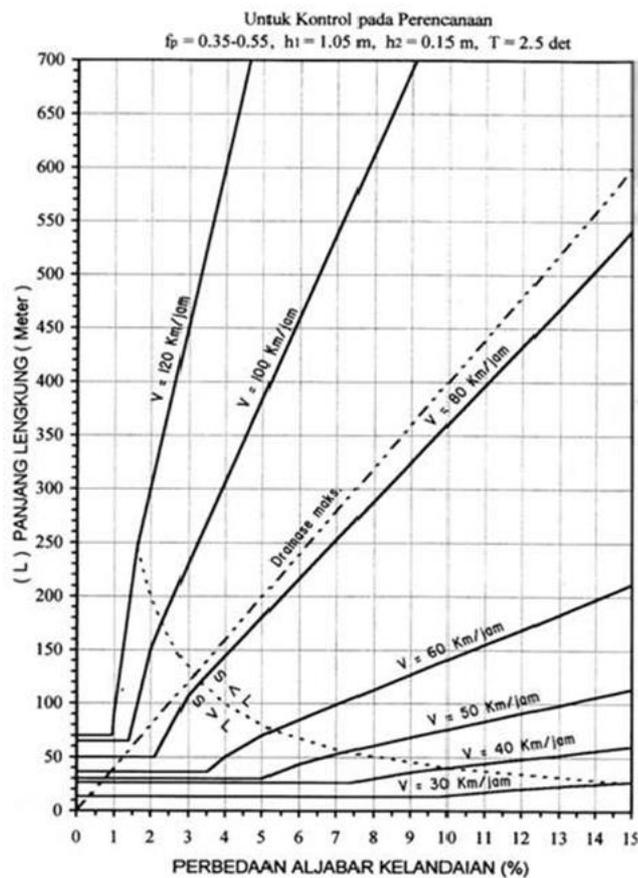
- d) Kenyamanan Pengemudi.
- e) Keluwesan bentuk.

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandang pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam grafik pada gambar 2.21. Rumus- rumus yang berlaku pada lengkung cekung vertikal adalah sebagai berikut :

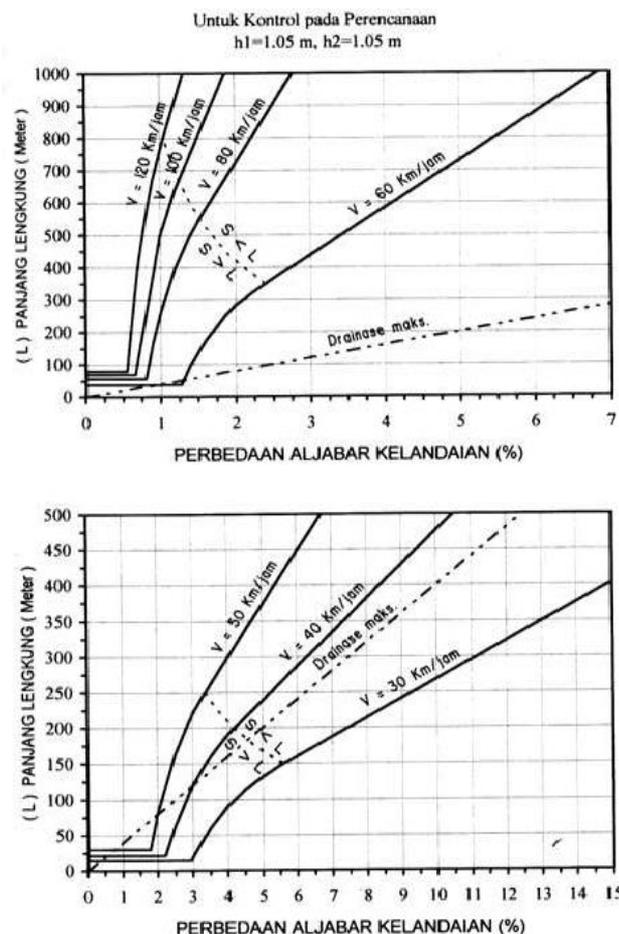
a) $J_h < L_v$, maka $L_v = \frac{A \cdot J_h^2}{120+3,5 J_h} \dots\dots\dots(2.73)$

b) $J_h > L_v$, maka $L_v = 2 J_h - \frac{120+3,5 J_h}{A} \dots\dots\dots(2.74)$

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.22 (untuk jarak pandang henti) dan grafik pada gambar 2.23 (untuk jarak pandang menyiap) di bawah ini:



Gambar 2.23 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)



Gambar 2.24 Jarak Pandang Mendahului (Jd)

2.8.3 Koordinasi Alinyemen

Menurut (Shirley L. Hendarsin Tahun 2000), koordinasi alinyemen pada perencanaan teknik jalan, diperlukan untuk menjamin suatu perencanaan teknik jalan raya yang baik dan menghasilkan keamanan serta rasa nyaman bagi pengemudi kendaraan (selaku pengguna jalan) yang melalui jalan tersebut. Maksud koordinasi dalam hal ini, yaitu penggabungan beberapa elemen dalam perencanaan geometrik jalanyang terdiri dari perencanaan alinyemen horizontal, alinyemen vertikal dan potongan memanjang dalam suatu panduan sehingga menghasilkan produk perencanaan teknik sedemikian yang memenuhi unsur aman, nyaman dan ekonomis. Beberapa ketentuan atau syarat – syarat sebagai panduan yang dapat digunakan untuk proses koordinasi alinyemen, yaitu :

- a. Alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal terletak pada suatu fase, dimana alinyemen horizontal sedikit lebih panjang dari alinyemen vertikal.
- b. Tikungan tajam yang terletak di atas lengkung vertikal cembung atau di bawah lengkung vertikal cekung harus dihindarkan, karena hal ini akan menghalangi pandangan mata pengemudi pada saat memasuki tikungan pertama dan juga jalan terkesan putus.
- c. Pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang, sebaiknya tidak dibuat lengkung vertikal cekung, karena pandangan pengemudi akan terhalang oleh puncak alinyemen vertikal sehingga sulit untuk memperkirakan alinyemen dibalik puncak tersebut.
- d. Lengkung vertikal dua atau lebih pada satu lengkung horizontal, sebaiknya dihindarkan.
- e. Tikungan tajam yang terletak diantara bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.

2.9 Perencanaan Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap jalan merupakan bagian dari jalan yang dibangun untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan yang mungkin terjadi pada permukaan jalan yang nantinya akan berdampak pada kenyamanan pemakai jalan. Menurut (Shirley L. Hendarsin Tahun 2000) bangunan pelengkap jalan dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Bangunan Drainase Jalan.
- b. Bangunan Penguat Tebing.
- c. Bangunan Pengaman Lalu Lintas, Rambu dan Marka Jalan.

2.9.1 Drainase Jalan

Pada pembangunan dan pemeliharaan jalan, drainase sangat penting diperhatikan karena kondisi drainase yang buruk juga merupakan penyebab utama kerusakan perkerasan. Drainase jalan yang baik harus mampu menghindari masalah - masalah atau kerusakan jalan yang disebabkan oleh pengaruh cuaca dan beban lalu lintas.

Air masuk ke struktur perkerasan jalan melalui banyak cara antara lain retak pada permukaan jalan, air tanah tinggi pada musim hujan atau infiltrasi dan kapilerisasi air pada daerah sekitar perkerasan. Drainase yang digunakan sebagai bangunan pelengkapan jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar jalan tidak tergenang air dalam waktu yang cukup lama yang akan mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan.

Ada dua jenis drainase yaitu drainase permukaan dan drainase bawah permukaan. Drainase permukaan berfungsi untuk membuang air dari permukaan perkerasan ke saluran pembuang. Saluran drainase permukaan terdiri dari tiga jenis, yaitu saluran (saluran penangkap; saluran samping), gorong-gorong (culvert) dan saluran alam (sungai) yang memotong jalan.

Agar saluran air hujan dapat ditampung dan dialirkan ketempat pembuangan (sungai dll) maka kapasitas saran drainase jalan (kecuali saluran alam) ukuran/dimensinya harus direncanakan terlebih dahulu berdasarkan besarnya kapasitas yang diperlukan (Q_s) yaitu dapat menampung besarnya debit aliran rencana (Q_r).

Untuk menghitung besarnya hujan rencana, dapat digunakan berbagai cara tergantung data hujan (dari hasil pengamatan) yang tersedia, karena tidak semua post pencatat hujan model otomatis dan pengamatan yang dilakukan juga tidak selalu kontinu (berbagai pertimbangan dari segi SDM, keamanan, kondisi lokasi, teknisi dan suku cadang).

Metode untuk menentukan Q_r akibat hujan yang banyak digunakan dan disarankan oleh JICA, AASHTO maupun SNI yaitu metode rasional yang merupakan rumus empiris dari hubungan antara curah hujan dan besarnya limpasan (debit).

$$Q = \frac{C \cdot I_t \cdot A}{3,6} \dots\dots\dots(2.75)$$

Dimana :

Q = Debit limpasan (m^3/det)

C = Koefisien limpasan atau pengaliran

I_t = Intensitas hujan selam waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan hujan (km²)

2.9.2 Saluran Samping

Tahanan untuk menentukan kapasitas saluran samping jika menggunakan metode rasional.

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

Dibawah ini diberikan contoh perhitungan sekaligus dengan uraian dan rumus dengan Analisa Distribusi Frekuensi Cara Gumber. Rumus persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$X = \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots(2.76)$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum (x^2) - x \sum x}{n-1}} \dots\dots\dots(2.77)$$

$$R_T = X + Sx \dots\dots\dots(2.78)$$

Dimana :

X = Curah hujan harian maksimal pertahun (mm)

N = Jumlah data curah hujan

X = Curah hujan harian rata -rata (mm)

Sx = Standar deviasi

RT = Frekuensi hujan pada periodeulang T

K = Faktor frekuensi

b. Menentukan Intensitas Hujan Rencana

Untuk mengolah R (Frekuensi Hujan) menjadi I (Intensitas Hujan) dapat digunakan cara Monobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24^{\frac{2}{3}}}{t} \right) \dots\dots\dots(2.79)$$

Dimana :

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (menit)

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

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik

secara statis maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam.

c. Luas Daerah Pengaliran (A)

Luas daerah tangkapan hujan (*catchment area*) pada perencanaan saluran samping jalan adalah daerah pengaliran yang menerima curah hujan selama waktu tertentu (intensitas hujan) sehingga menimbulkan debit limpasan yang harus dialirkan perhitungan luas daerah pengaliran didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.

d. Koefisien Pengaliran dan Faktor Limpasan

Koefisien pengaliran (C) dan koefisien limpasan (fk) adalah angka reduksi dari intensitas hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan kemiringan atau kelandaian, jenis tanah dan druasai hujan, koefisien ini tidak berdimensi. Berdasarkan pada T-02-2006-B tentang Perencanaan Drainase Jalan nilai C dengan berbagai kondisi permukaan, dapat dihitung atau ditentukan dengan cara sebagai berikut :

$$C_w = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3 \cdot f_k}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \dots\dots\dots(2.80)$$

Dimana :

C₁, C₂.... = Koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

A₁, A₂.... = Luas daerah pengaliran (km²)

C_w = C rata - rata pada daerah pengaliran yang dihitung

f_k = Faktor limpasan sesuai guna jalan

e. Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu konsentrasi adalah waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik - titik tertentu.

Terdiri dari (t₁) waktu untuk mencapai saluran dari titik terjauh dan (t₂) waktu pengaliran. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus :

$$T_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots(2.81)$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_0 \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots(2.82)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times v} \dots\dots\dots(2.83)$$

Dimana :

T_c = Waktu konsentrasi (menit)

t_1 = Waktu untuk aliran mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t_2 = Waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

I_0 = Jarak dari titik terjauh sampai sarana drainase (m)

L = Panjang saluran (m)

K = Kelandaian permukaan

n_d = Koefisien hambatan

I_s = Kemiringan saluran memanjang

V = Kecepatan air rata – rata pada saluran drainase

f. Debit Banjir

Untuk menghitung debit aliran (Q) dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C_w \times I \times A \dots\dots\dots(2.84)$$

Dimana :

Q = Debit aliran ($m^3/detik$)

C_w = Koefisien pengaliran rata – rata

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah layanan (km^2)

2.9.3 Gorong-gorong (*Culvert*)

Pada drainase jalan, gorong-gorong berfungsi sebagai penerus aliran dari saluran samping ke tempat pembuangan, gorong-gorong ditempatkan melintang jalan di beberapa lokasi sesuai kebutuhan.

Tipe dan bahan gorong-gorong yang permanen dengan desain umur rencana periode ulang untuk perencanaan gorong-gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong-gorong berlokasi :

- Jalan Tol = 25 tahun
- Jalan Arteri = 10 tahun
- Jalan Kolektor = 7 tahun
- Jalan Lokal = 5 tahun

Perhitungan gorong-gorong mengambil asumsi sebagai saluran terbuka dan dimensi gorong-gorong harus memperkirakan debit yang masuk gorong-gorong tersebut. Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80 cm dengan kedalaman minimum 1 m - 1,5 m tergantung tipe

Berdasarkan standar gorong-gorong persegi *single* beton bertulang dari Bina Marga 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 ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan yang umum, yaitu 3,5;4,5;6 dan 7 meter.

2.10 Kriteria Perencanaan Saluran Samping dan Gorong-gorong

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

Tabel 2.22 Kemiringan Saluran Memanjang Berdasarkan Jenis Material

No.	Jenis Material	Kemiringan Saluran (%)
1	Tanah Asli	0 - 5
2	Kerikil	5 - 7,5
3	Pasangan	>7,5

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

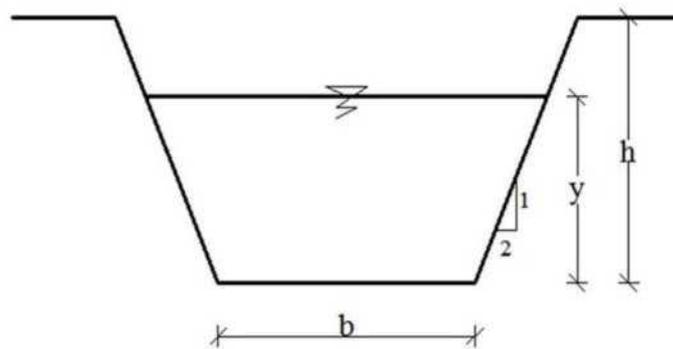
Tabel 2.23 Kecepatan Aliran Air yang Dijinkan Berdasarkan Jenis Material

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Tahun 2006)

2.10.1 Desain Dimensi Saluran Samping dan Gorong-gorong

a. Dimensi Saluran Samping



Gambar 2.25 Penampang Saluran Berbentuk Trapesium

Perhitungan dimensi saluran dilakukan dengan menggunakan rumus Manning :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.90)$$

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(2.91)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.92)$$

$$w = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots(2.93)$$

Rumus Penampang Ekonomis :

$$B + 2 mh = 2 h \sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots(2.94)$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

R = Radius hidrolis (m)

S = Kemiringan saluran (%)

A = Luas penampang basah saluran (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

Q = Debit aliran (m³/detik)

N = Koefisien kekasaran Manning (Tabel 2.40)

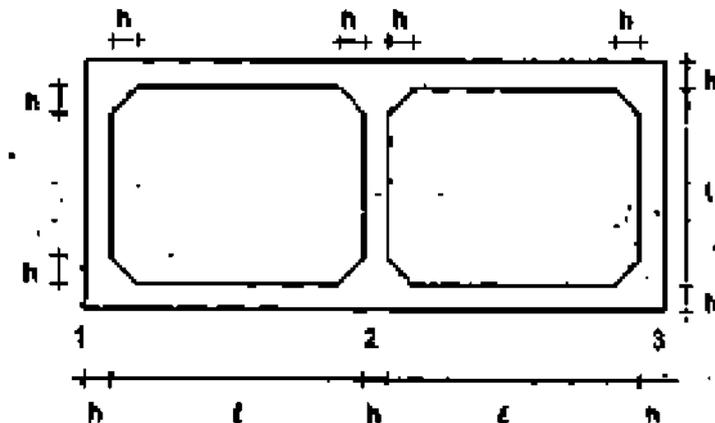
w = Tinggi jagaan (m)

B = Lebar saluran (m)

m = Perbandingan kemiringan talud

h = Tinggi muka air (m)

b. Dimensi Gorong-gorong Berbentuk Persegi (*Boxculvert*)



Gambar 2.26 Dimensi Gorong-gorong Persegi

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots(2.95)$$

$$b = 2h \dots\dots\dots(2.96)$$

$$A = I \times h \dots\dots\dots(2.97)$$

$$w = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots(2.98)$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

Q = Debit aliran (m³/detik)

A = Luas penampang basah saluran (m²)

w = Tinggi jagaan (m)

b = Tinggi penampang saluran (m)

I = Lebar saluran (m)

h = Tinggi muka air (m)

2.10.2 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah lapisan atas badan jalan yang menggunakan bahan - bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik dari pada tanah dasar. Perkerasan berfungsi memberikan pelayanan optimal kepada sarana transportasi.

Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah, dan mudah dikerjakan. Oleh karena itu bahan perkerasan jalan yang paling cocok adalah pasir, kerikil, batu, dan bahan pengikat (aspal atau semen). Perkerasan akan mempunyai kinerja yang baik, bila perencanaan dilakukan dengan baik dan komponen utama dalam sistem perkerasan berfungsi dengan baik pula. Menurut *Federal Highway Administration* (Hardiyatmo Tahun 2015) komponen - komponen perkerasan meliputi:

- a. Lapis aus (*wearing course*) yang memberikan cukup kekesatan, tahanan gesek dan penutup kedap air atau drainase dipermukaan.
- b. Lapis perkerasan terikat atau tersementasi (aspal dan beton) yang memberikan daya dukung yang cukup dan sekaligus sebagai penghalang air yang masuk kedalam material tak terikat dibawahnya.
- c. Lapis pondasi (*base course*) dan lapisan pondasi bawah (*sub-base course*) tak terikat yang memberikan tambahan kekuatan (khususnya untuk perkerasan

- lentur dan ketahanan terhadap pengaruh air yang merusak struktur perkerasan, serta pengaruh degradasi yang lain (erosi dan instruksi butiran halus).
- d. Tanah dasar (*subgrade*) yang memberikan cukup kekakuan, kekuatan yang seragam dan merupakan landasan yang stabil bagi lapisan material perkerasan di atasnya.
 - e. Sistem drainase yang dapat membuang air dengan cepat dari sistem perkerasan, sebelum air menurunkan kualitas lapisan material granuler tak terikat dan tanah dasar.

2.11 Tipe - Tipe Perkerasan

Pertimbangan tipe perkerasan yang dipilih terkait dengan dana pembangunan yang tersedia, biaya pemeliharaan, volume lalu lintas yang dilayani, serta kecepatan pembangunan agar lalu lintas tidak terlalu terganggu oleh pelaksanaan proyek.

Tipe - tipe perkerasan yang banyak digunakan adalah :

1) Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton.

2) Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dari agregat atau bahan - bahan yang bersifat tidak kaku / lentur.

3) Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

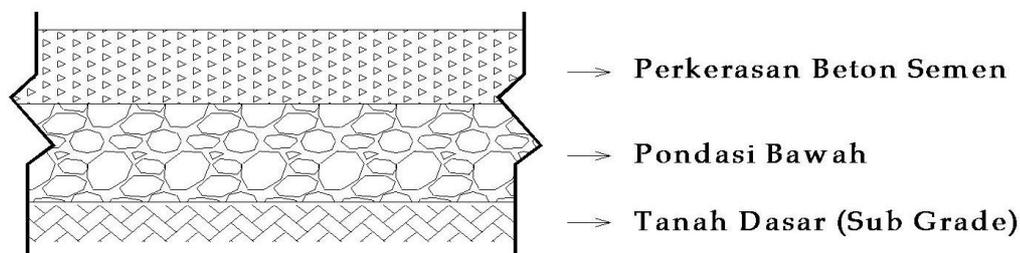
Perkerasan komposit yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan, dengan maksud menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

2.11.1 Perkerasan Kaku

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

Berdasarkan Pd T-14-2003 mengenai Perencanaan Perkerasan Beton Semen, “Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas plat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau

menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal”.



Gambar 2.27 Tipikal Struktur Perkerasan Beton Semen

Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton di atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan, karena kekuatan perkerasan lebih banyak ditentukan oleh kekuatan betonnya sendiri, maka peran pondasi bawah dalam mendukung beban lalu lintas menjadi tidak begitu signifikan. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur, dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan.

Menurut (Saodang Tahun 2005), tiga faktor desain untuk perancangan perkerasan kaku yang sangat penting adalah :

- a. Kekuatan tanah dasar (*subgrade*) dan lapisan pondasi bawah (*sub-base*) yang diindikasikan lewat parameter k (*sub-base reaction*) atau CBR.
- b. Modulus keruntuhan lentur beton (*flexural strength* – f_{ct}).
- c. Beban lalu lintas.

Menurut (Shirley L. Hendarsin Tahun 2000), metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan kaku didasarkan pada perkiraan sebagai berikut:

- a. Kekuatan tanah dasar yang dinamakan CBR atau modulus reaksi tanah dasar (k).
- b. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- c. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*sub-base*) yang diperlukan

untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam di bawah dasar beton.

Menurut *National Association of Australian State Road Authorities (NAASRA)* dalam (Shirley L. Hendarsin Tahun 2000), tipe perkerasan beton semen dibedakan kedalam lima jenis yaitu :

- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan (BBTT).
- b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (BBDT).
- c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan (BMDT).
- d. Perkerasan beton semen dengan tulangan serat baja (*fiber*).
- e. Perkerasan beton semen pra-tekan.

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor - faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan. Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen adalah bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai berikut:

- 1) Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar.
- 2) Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi - tepi pelat.
- 3) Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.
- 4) Sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan.

Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan dibawahnya. Bila diperlukan tingkat kenyamanan yang tinggi, permukaan beton semen dapat dilapisi dengan lapis campuran beraspal setebal 5 cm.

Adapun kelebihan dalam pemakaian konstruksi perkerasan kaku :

- a) Biaya awal pembangunan lebih murah daripada perkerasan aspal.
- b) Perkerasan kaku lebih tahan terhadap drainase yang buruk.

- c) Umur rencana dapat mencapai 20 - 40 tahun.
- d) Pencampuran adukan beton mudah dikontrol.
- e) Keseluruhan tebal perkerasan jauh lebih kecil daripada perkerasan aspal sehingga dari segi lingkungan / *environment* lebih menguntungkan
- f) Biaya pemeliharaan kecil, namun bila terjadi kerusakan biaya pemeliharaan lebih tinggi.
- g) Perkerasan dibuat dalam panel - panel sehingga dibutuhkan sambungan - sambungan.

2.11.2 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

a. Kekuatan Lapisan Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar pada konstruksi perkerasan beton semen, ditentukan berdasarkan nilai CBR insitu 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. Disini apabila tanah dasar memiliki nilai CBR dibawah 2% maka digunakan pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm sehingga tanah dianggap memiliki CBR 5%.

b. Lapisan Pondasi Bawah

Meskipun pada dasarnya lapis pondasi bawah pada perkerasan kaku tidak berfungsi terlalu struktural. Dalam arti kata keberadaannya tidak untuk menyumbangkan nilai struktur pada tebal pelat beton. Menyediakan *Subbase* setebal 10 cm harus selalu dipasang kecuali apabila tanah dasar mempunyai sifat dan mutu yang sama dengan lapis pondasi bawah.

Lapis pondasi bawah pada perkerasan kaku mempunyai fungsi utama sebagai lantai kerja yang rata dan *uniform* karena jika permukaan *subbase* tidak rata dapat menyebabkan ketidakrataan pelat beton dan dapat memicu timbulnya keretakan pelat, disamping itu fungsi lain lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut:

1. Mengendalikan kembang dan susut tanah dasar
2. Mencegah instrusi dan pemompaan (*pumping*) pada sambungan retakan dan tepi - tepi pelat.

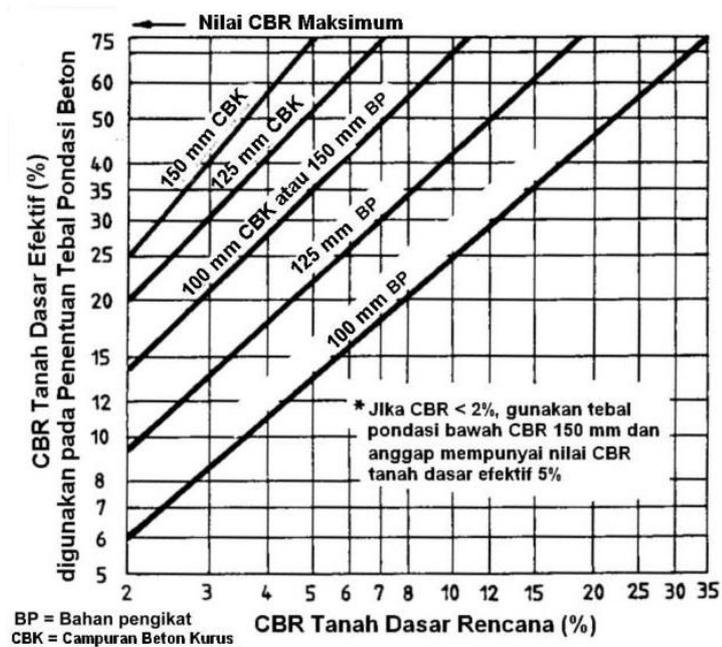
3. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.

Beberapa alternatif lapis pondasi bawah yang dapat digunakan :

- a. Pondasi bawah dengan material berbutir lepas (*unbound granular*), dapat berupa sirtu. Harus memenuhi persyaratan SNI 03-6388-2000 dengan gradasi agregat minimum kelas B. Ketebalan minimum CBR 5% adalah 15 cm. Derajat kepadatan lapis pondasi bawah adalah minimum 100% sesuai dengan SNI 03-1743-1989.
- b. Pondasi bawah dengan bahan pengikat (*bound granular subbase*), dikenal dengan *Cement Treated Subbase*. Dapat digunakan salah satu dari:
 - i. Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat sesuai rancangan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Bahan pengikat berupa semen, kapur, abu terbang (*Fly Ash*) atau *Slog* yang harus dihaluskan.
 - ii. Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*)
 - iii. Campuran beton kurus giling padat (*lean rolled concrete*) yang mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 Mpa (55 kg/cm²).
- c. Pondasi bawah dengan campuran beton kurus (*lean mix concrete*), harus mempunyai kuat tekan beton berkarakteristik pada umur 28 hari minimum 5 Mpa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang atau 7 Mpa (70 kg/cm²) bila menggunakan abu terbang dengan tebal minimum 10 cm. Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus mempergunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 2.28 dan nilai CBR tanah dasar efektif dapat dilihat dari Gambar 2.29.



Gambar 2.28 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Kaku Terhadap Repetisi Sumbu



Gambar 2.29 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

c. Beton Semen

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

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

$$f_{cf} = K \times (f_c')^{0,5} \text{ (dalam Mpa)(2.99)}$$

$$f_{cf} = 3,13 \times K \times (f_c')^{0,5} \text{ (dalam kg/cm}^2\text{)(2.100)}$$

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 pecah 0,75 untuk agregat pecah

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

a. Agregat

Agregat yang akan dipergunakan untuk perkerasan beton semen terdiri dari agregat halus dan kasar. Agregat halus terdiri dari pasir atau butiran - butiran yang lolos saringan no.4 (0,425) sedangkan agregat kasar yang tidak lolos saringan tersebut. Diameter agregat batu pecah harus $\leq 1/3$ tebal pelat atau $\leq 3/4$ jarak bersih minimum antar tulangan. Dengan persyaratan mutu agregat sesuai dengan yang tercantum dalam SK SNI S-04-1989-F.

b. Semen

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

c. Air

Air yang digunakan untuk campuran harus bersih dan terbebas dari minyak, garam, asam, lanau atau bahan - bahan lain dalam jumlah tertentu yang dapat merusak kualitas beton.

2.11.3 Lalu Lintas Rencana untuk Perkerasan Kaku

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

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

Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots(2.101)$$

Dengan pengertian :

JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana .

JSKNH : Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.

R : Faktor pertumbuhan kumulatif yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

C : Koefisien distribusi kendaraan

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

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
- Sumbu tridem roda ganda (STrRG)

Dengan karakteristik kendaraan yang diperhitungkan

- a. Pada perencanaan perkerasan kaku, jenis kendaraan yang diperhitungkan hanya kendaraan niaga yang mempunyai berat total minimum 5 ton.
- b. Khusus untuk perencanaan perkerasan kaku, beban lalu lintas rencana didapatkan dengan mengakumulasikan jumlah beban sumbu untuk masing - masing jenis kelompok dalam rencana lajur selama umur rencana.

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beba terlihat pada Tabel 2.24

Tabel 2.24 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 alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume niaga rendah	1,0

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Tahun 2003)

2.11.4 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomis jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan kaku dapat direncanakan dengan Umur Rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

2.11.5 Pertumbuhan Lalu Lintas

Volume pertumbuhan 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:

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \dots\dots\dots(2.102)$$

Dimana :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

I = Laju pertumbuhan lalu lintas pertahun (%)

UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalulintas juga dapat ditentukan melalui Tabel 2.25 berikut ini :

Tabel 2.25 Faktor Pertumbuhan Lalu lintas (R)

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

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Tahun 2003)

2.11.6 Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari satu ruas jalan raya yang menampung lalulintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda bats lajur, maka jumlah dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai dengan Tabel 2.26 berikut :

Tabel 2.26 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi (C) Kendaraan Niaga pada Lajur Rencana

Lebar Perkerasan	Jumlah Lajur (n)	Koefisien Distribusi (C)	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \leq L_p < 8,35$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,35 \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,25 \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \leq L_p < 18,75$ m	5 lajur	-	0,425
$18,75 \leq L_p < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Tahun 2003)

2.11.7 Perencanaan Tebal Pelat

Langkah - langkah dalam perencanaan tebal perkerasan kaku adalah sebagai berikut:

1. Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji atau menerus dengan tulangan.
2. Tentukan apakah akan menggunakan bahu beton atau bukan.
3. Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkiraan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana
4. Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah
5. Pilih kuat tarik lentur atau kuat beton pada umur 28 hari (f'_{cf}).
6. Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (F_{KB}).
7. Taksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman atau menggunakan contoh yang tersedia).
8. Tentukan tegangan ekivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT
9. Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekivalen (TE) oleh kuat tarik lentur (f'_{cf}).
10. Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan (FKB) untuk menentukan beban rencana per roda. Jika beban rencana per roda ≥ 65 Kn (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi
11. Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Gambar 2.40, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
12. Hitung persentase dari repetisi datik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
13. Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi.
14. Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
15. Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang masing - masing

mencapai 10 juta dan 100 juga repetisi.

16. Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
17. Ulangi langkah 8 sampai dengan langkah 16 untuk setiap kelompok sumbu lainnya.
18. Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
19. Ulangi langkah 7 sampai dengan 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi < 100%. Tebal tersebut tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

2.11.8 Perencanaan Penulangan

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan untuk beton bertulang menerus diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut. Tujuan utama penulangan, yaitu:

- a. Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat teta[dapat dipertahankan.
- b. Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.
- c. Mengurangi biaya pemeliharaan.

A. Kebutuhan Penulangan pada Perkerasan Bersambung Tanpa Tulangan

Pada perkerasan bersambung tanpa tulangan, penulangan tetap dibutuhkan untuk mengantisipasi atau meminimalkan retak pada tempat-tempat dimana dimungkinkan terjadi tegangan yang tidak dapat dihindari, tipikal penggunaan penulangan khusus ini antara lain pada tambahan pelat tipis, sambungan yang tidak tepat dan pelat kulah atau struktur lainnya.

B. Penulangan pada Perkerasan Bersambung dengan Tulangan

Luas tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \dots\dots\dots(2.103)$$

Dimana :

μ = Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya (Tabel 2.45)

A_s = Luas tulangan yang diperlukan (mm^2/m lebar)

M = Berat per satuan volume pelat

L = Jarak antara sambungan (m)

H = Tebal pelat (m)

f_s = Kuat tarik ijin tulangan (Mpa)

catatan : A_s minimum menurut SNI '91 untuk segala keadaan 0,14% dari luas penampang beton.

Tabel 2.27 Koefisien Gesekan antara Pelat Beton Semen dengan Lapisan Pondasi dibawahnya

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (p)
BURTU, LAPEN dan Konstruksi Sejenis	2,2
Aspal Beton, LATASTON	1,8
Stabilisasi kapur	1,8
Stabilisasi aspal	1,8
Stabilisasi semen	1,8
Koral	1,5
Batu Pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

(Sumber : Shirley L. Hendarsin Tahun 2000)

C. Penempatan Tulangan

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

2.11.9 Sambungan

Keterbatasan kemampuan peralatan pelaksanaan serta pembatasan terhadap tegangan - tegangan yang timbul akibat pemuaian, penyusutan, perbedaan suhu dan kadar air pada ketebalan pelat menuntut perkerasan beton semen dikerjakan dalam pola terpotong. Sehingga perencanaan sambungan pada perkerasan kaku merupakan bagian yang harus dilakukan pada perencanaan. Semua sambungan pada perkerasan kaku harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*).

Penyaluran beban antara pelat perkerasan disalurkan melalui ruji (dowel) berupa batang baja tulangan polos maupun profil yang digunakan sebagai sarana penyambungan/pengikat pada beberapa jenis sambungan pelat beton perkerasan jalan. Dowel dipasang dengan separuh panjang terikat dan separuh panjang dilumasi/dicat untuk memberikan kebebasan bergeser. Ukuran dan jarak ruji yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 2.28. Sedangkan *Tie Bar* atau batang pengikat merupakan potongan baja yang diprofilkan yang dipasang pada sambungan lidah alur dengan maksud untuk mengikat pelat agar tidak bergerak horizontal.

Tabel 2.28 Ukuran dan Jarak Ruji yang Disarankan

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

(Sumber : Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah Tahun 2003)

a. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*)

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

dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_t = 204 \times b \times h \text{ dan}$$

$$l = (38,3 \times \varphi) + 75$$

Dengan pengertian :

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).

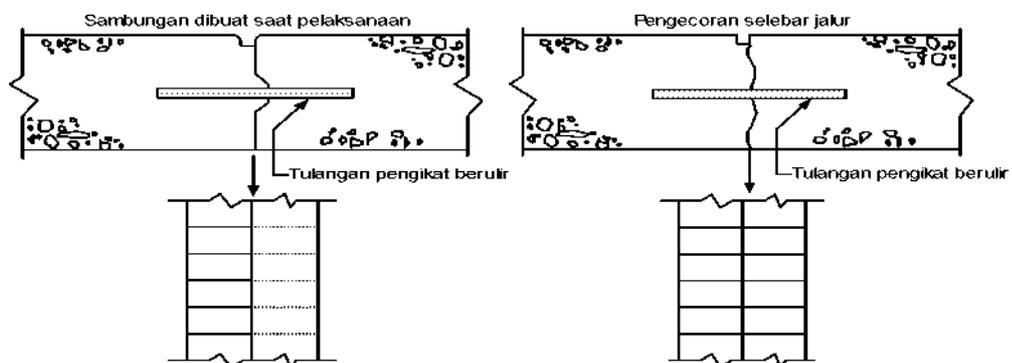
φ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada Gambar 4

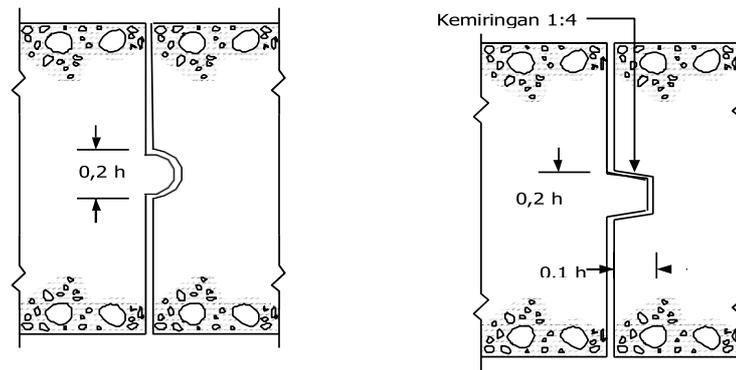
b. Sambungan pelaksanaan memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 5.



(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Gambar 2.30 Tipikal Sambungan Memanjang



(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Gambar 2.31 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

Sebelum penghamparan pelat beton di sebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.

c. 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.

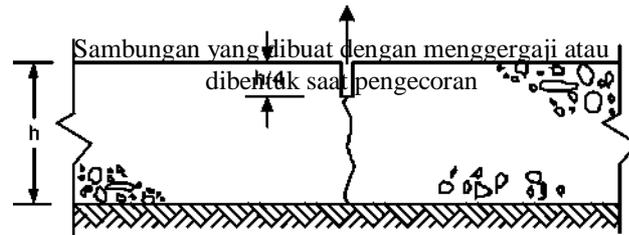
d. Sambungan susut dan sambungan pelaksanaan melintang

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 perputaran jarum jam.

e. Sambungan susut melintang

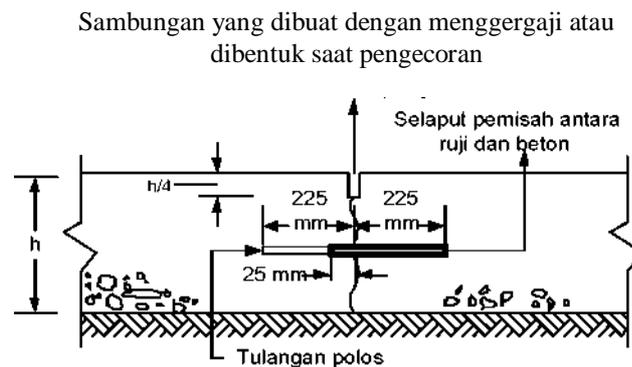
Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 6 dan 7. Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan.

Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton.



(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Gambar 2.32 Sambungan susut melintang tanpa ruji



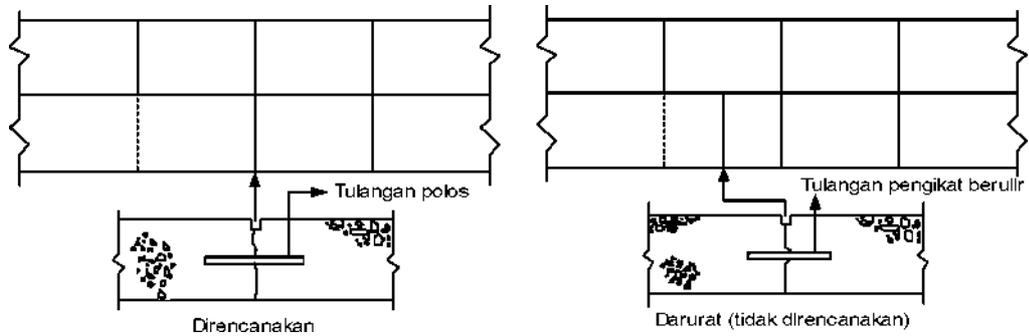
(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Gambar 2.33 Sambungan susut melintang dengan ruji

f. 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 di tengah tebal pelat. Tipikal sambungan pelaksanaan melintang diperlihatkan pada Gambar 8 dan Gambar 9. Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm,

ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.

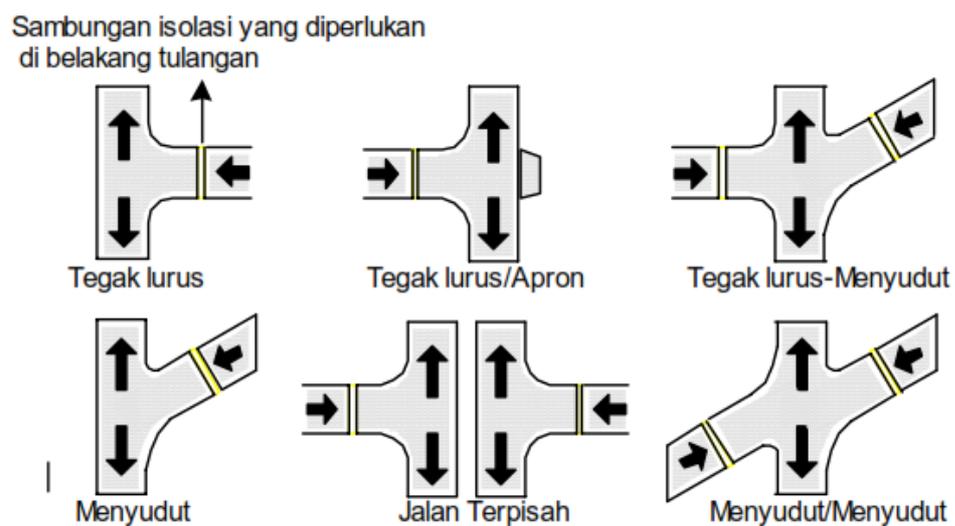


(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Gambar 2.34 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur

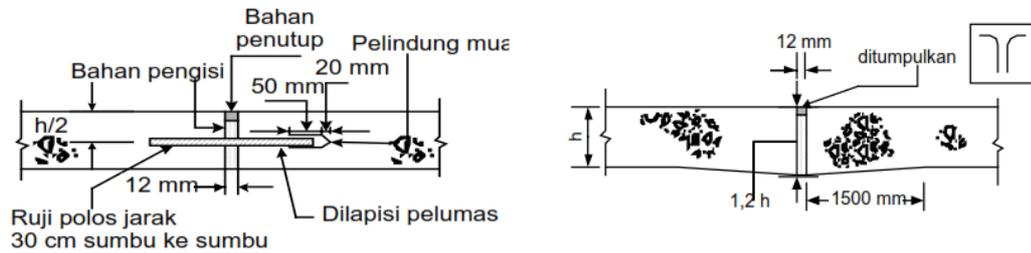
g. Sambungan isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Contoh persimpangan yang membutuhkan sambungan isolasi diperlihatkan pada Gambar 2.34. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5 - 7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 11.

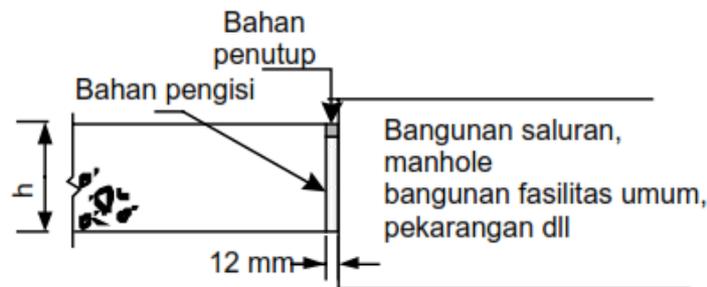


(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Gambar 2.35 Contoh persimpangan yang membutuhkan sambungan isolasi



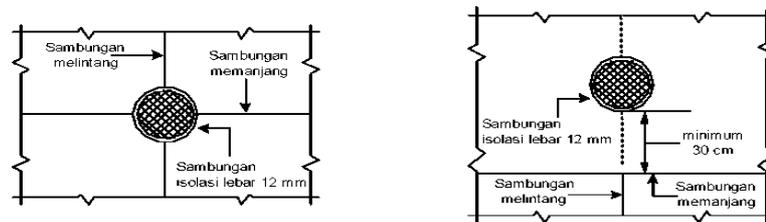
- a) Sambungan isolasi dengan ruji b) Sambungan isolasi dengan penebalan tepi
- c) Sambungan isolasi tanpa ruji



(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

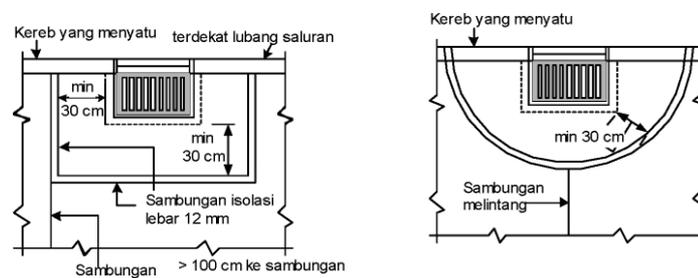
Gambar 2.36 Sambungan isolasi

Sambungan isolasi yang digunakan pada bangunan lain, seperti jembatan perlu pemasangan ruji sebagai transfer beban. Pada ujung ruji harus dipasang pelindung muai agar ruji dapat bergerak bebas. Pelindung muai harus cukup panjang sehingga menutup ruji 50 mm dan masih mempunyai ruang bebas yang cukup dengan panjang minimum lebar sambungan isolasi ditambah 6 mm. Sambungan isolasi pada persimpangan dan ram tidak perlu diberi ruji tetapi diberikan penebalan tepi untuk mereduksi tegangan. Setiap tepi sambungan ditebalkan 20% dari tebal perkerasan sepanjang 1,5 meter. Sambungan isolasi yang digunakan pada lubang masuk ke saluran, manhole, tiang listrik dan bangunan lain yang tidak memerlukan penebalan tepi dan ruji, ditempatkan di sekeliling bangunan tersebut.



(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Gambar 2.37 Tampak atas penempatan sambungan isolasi pada manhole



(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Gambar 2,38 Tampak atas penempatan sambungan isolasi pada lubang masuk saluran

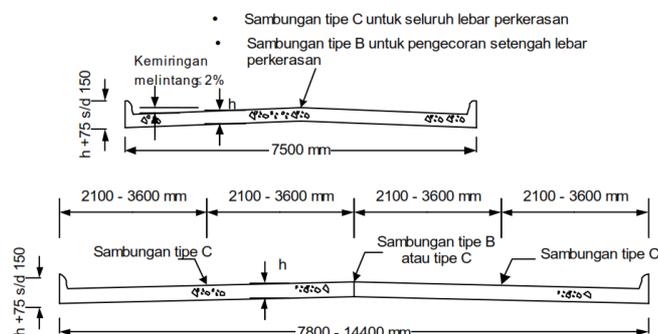
h) Pola sambungan

Pola sambungan pada perkerasan beton semen harus mengikuti batasan-batasan sebagai berikut :

- Hindari bentuk panel yang tidak teratur. Usahakan bentuk panel persegi mungkin. Perbandingan maksimum panjang panel terhadap lebar adalah 1,25.
- Jarak maksimum sambungan memanjang 3 - 4 meter.
- Jarak maksimum sambungan melintang 25 kali tebal pelat, maksimum 5,0 meter.
- Semua sambungan susut harus menerus sampai kerb dan mempunyai kedalaman seperempat dan sepertiga dari tebal perkerasan masing-masing untuk lapis pondasi berbutir dan lapis stabilisasi semen.
- Antar sambungan harus bertemu pada satu titik untuk menghindari terjadinya retak refleksi pada lajur yang bersebelahan.

- Sudut antar sambungan yang lebih kecil dari 60 derajat harus dihindari dengan mengatur 0,5 m panjang terakhir dibuat tegak lurus terhadap tepi perkerasan.
- Apabila sambungan berada dalam area 1,5 meter dengan manhole atau bangunan yang lain, jarak sambungan harus diatur sedemikian rupa sehingga antara sambungan dengan manhole atau bangunan yang lain tersebut membentuk sudut tegak lurus. Hal tersebut berlaku untuk bangunan yang berbentuk bundar. Untuk bangunan berbentuk segi empat, sambungan harus berada pada sudutnya atau di antara dua sudut.
- Semua bangunan lain seperti *manhole* harus dipisahkan dari perkerasan dengan sambungan muai selebar 12 mm yang meliputi keseluruhan tebal pelat.
- Perkerasan yang berdekatan dengan bangunan lain atau *manhole* harus ditebalkan 20% dari ketebalan normal dan berangsur-angsur berkurang sampai ketebalan normal sepanjang 1,5 meter seperti diperlihatkan pada Gambar 11b.
- Panel yang tidak persegi empat dan yang mengelilingi manhole harus diberi tulangan berbentuk anyaman sebesar 0,15% terhadap penampang beton semen dan dipasang 5 cm di bawah permukaan atas. Tulangan harus dihentikan 7,5 cm dari sambungan.

Tipikal pola sambungan diperlihatkan pada gambar dibawah ini:

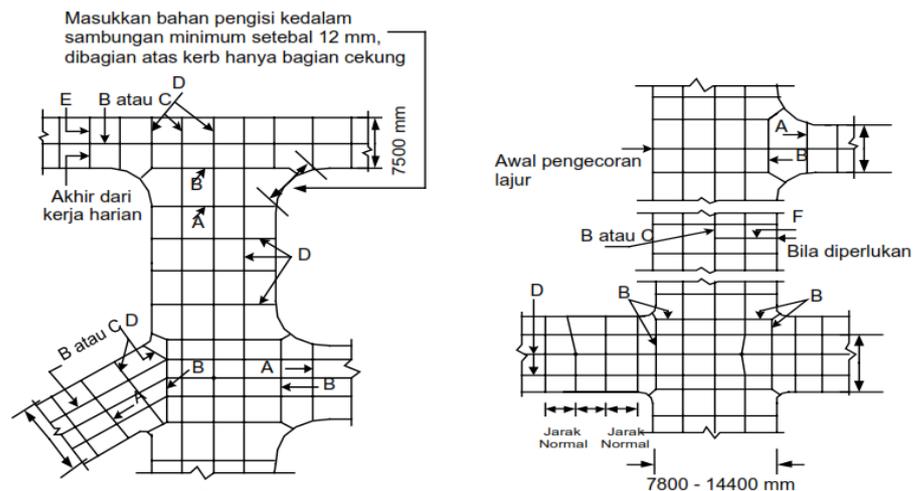


(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Gambar 2.39 Potongan melintang perkerasan dan lokasi sambungan

i. Penutup sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan. Benda-benda lain yang masuk ke dalam sambungan dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal dan atau pelat beton yang saling menekan ke atas (*blow up*).



(Sumber : Perencanaan perkerasan jalan beton semen, Pd T-14-2003)

Gambar 2.40 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

2.12 Perhitungan 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:

a. Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan

- dari alinyemen horizontal (trase jalan).
- Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
 - Gambarkan potongan melintang (*Cross Section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
 - Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

Tabel 2.29 Perhitungan Galian dan Timbunan

STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0 + 000	A	A		$\frac{A+B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
0 + 100	B	B		$\frac{A+B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
Jumlah				ΣC	ΣC

(Sumber : Hasil Perhitungan Tahun 2023)

2.13 Manajemen Proyek

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

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

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

Ada banyak faktor yang mempengaruhi lancarnya pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Salah satunya adalah ketersediaan dana untuk membiayai pelaksanaan proyek konstruksi. Dalam industri konstruksi, estimasi biaya adalah istilah yang

sering digunakan untuk menggambarkan perkiraan biaya yang akan digunakan untuk merealisasikan suatu proyek konstruksi. Proyek konstruksi dilakukan melalui beberapa tahapan yang membutuhkan rentang waktu tertentu sehingga estimasi biaya sangat dibutuhkan. Suatu proyek konstruksi akan sulit terwujud apabila tidak tersedia cukup dana untuk membiayainya. Sebaliknya, suatu proyek konstruksi akan berjalan lancar apabila dana yang dibutuhkan terpenuhi. Besarnya estimasi biaya yang diperlukan untuk merealisasikan suatu proyek konstruksi harus sudah diketahui terlebih dahulu sebelum proyek berjalan agar dana yang dibutuhkan untuk melaksanakan proyek tersebut dapat dipersiapkan. Apabila dana untuk pelaksanaan proyek sudah dipersiapkan sejak awal maka kemungkinan terhentinya proyek ditengah jalan akibat kekurangan dana dapat diminimalisir.

Pengetahuan mengenai biaya proyek yang akan dilaksanakan sangat penting bagi para kontraktor dan pemilik proyek. Bagi para kontraktor, pengetahuan tersebut bermanfaat untuk menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB). Apabila suatu RAB memiliki nilai yang lebih jauh besar dari pada estimasi biaya maka hampir dapat dipastikan kontraktor telah melakukan *mark up* (pembengkakan) biaya proyek. Sedangkan apabila suatu RAB memiliki nilai yang jauh lebih kecil dari pada estimasi biaya maka bangunan yang akan dihasilkan kemungkinan tidak memiliki kualitas sebagaimana yang diharapkan. Agar suatu estimasi/perkiraan mendekati suatu kebenaran (optimal), diperlukan pengetahuan teknik dan berbagai pengetahuan

kerekayasaan konstruksi, rekayasa konstruksi, rekayasa manajemen konstruksi, sebagaimana dalam definisi yang dikemukakan oleh AACE (*The American Association of Cost Engineering*) yang mengatakan bahwa : “*Cost Engineering*” adalah area dari kegiatan *engineering* dimana pengalaman dan pertimbangan *engineering* dipakai pada aplikasi - aplikasi prinsip - prinsip teknik dan ilmu pengetahuan di dalam masalah perkiraan biaya dan pengendalian biaya.

Untuk memperkirakan biaya konstruksi perkerasan jalan raya diperlukan desain tebal perkerasan, bahan, tenaga kerja dan peralatan, hal tersebut memegang peranan penting dalam menentukan nilai estimasi biaya. Kualitas suatu estimasi proyek tergantung pada tersedianya data dan informasi, teknik atas metode yang

digunakan serta kecakapan dan pengalaman estimator. Tersedianya data dapat menambah keakuratan hasil estimasi biaya proyek yang dihasilkan. Keakuratan pekerjaan estimasi tergantung dari estimator yang membuat estimasi biaya. Fungsi dari estimasi biaya dalam industri konstruksi adalah :

- a. Untuk melihat apakah perkiraan biaya konstruksi dapat terpenuhi dengan biaya yang ada.
- b. Untuk mengatur aliran dana ketika pelaksanaan konstruksi sedang berjalan.
- c. Untuk kompetensi pada saat proses penawaran.

Pada proyek konstruksi estimasi biaya selain dibuat oleh masing-masing pelaku jasa konstruksi sesuai dengan tahapan proyek konstruksi tersebut, juga dibuat oleh *owner* sebagai dasar memperkirakan harga proyek konstruksi terutama pada tahap pelaksanaan, sehingga dalam prakteknya terdapat beberapa istilah estimasi yang didasarkan pada pembuatan estimasi tersebut.

- 1) Estimasi yang dibuat oleh pemilik, yang lebih pada umumnya disebut *Owner Estimate* (OE) digunakan oleh pemilik sebagai patokan biaya untuk menentukan kelanjutan investasi, patokan/pembanding dengan harga penawaran, analisa harga satuan yang akan diajukan oleh kontraktor dan untuk patokan/pembanding dengan analisa harga satuan, serta RAB yang dibuat oleh konsultan.
- 2) Estimasi yang dibuat oleh Konsultan Kelayakan digunakan untuk memperkirakan harga konstruksi sebagai suatu investasi (biaya yang dikeluarkan antara lain biaya pembangunan gedungnya, pembebasan tanah, pengadaan peralatan utama dan lain sebagainya) dan selanjutnya akan dihitung dengan teori- teori perhitungan ekonomi investasi bahwa proyek konstruksi tersebut layak untuk dibangun.
- 3) Estimasi yang dibuat oleh Konsultan Perencana yang pada umumnya disebut dengan *Engineering Estimate* (EE) adalah rencana anggaran biaya (RAB) merupakan hasil kerja konsultan selain gambar rencana dan spesifikasi. RAB dibuat berdasarkan hasil survey lapangan, berkaitan dengan kriteria desain dan metode pelaksanaan. Perkiraan biaya (RAB) ini merupakan dokumen pemilik (rahasia) yang selanjutnya sebagai

pembandingan harga yang akan ditawarkan oleh kontraktor pada saat lelang.

- 4) Estimasi yang dibuat oleh Kontraktor pada umumnya disebut dengan *Contractor Estimate* (CE) atau *Bid Price*, digunakan kontraktor untuk mengajukan penawaran kepada pemilik, dengan keuntungan yang cukup memadai bagi kontraktor.

Sumber informasi terbaik adalah pengalaman perusahaan dari proyek - proyek yang pernah dikerjakan antara lain. Informasi mengenai jumlah material yang terpakai, jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk suatu jenis pekerjaan.

Sebagaimana tahapan proyek konstruksi data dan informasi akan semakin lengkap dari tahap studi kelayakan sampai dengan tahap pelaksanaan, atau dalam arti kualitas perkiraan biaya akan semakin mendekati ketepatannya. Terdapat beberapa jenis estimasi yang didasarkan pada cara memperkirakan biaya suatu konstruksi, yaitu :

- a. Estimasi kelayakan adalah sebagaimana tujuan dari tahap studi kelayakan adalah untuk menentukan apakah bangunan tersebut layak dibangun, maka memperkirakan biaya konstruksinya berdasarkan membandingkan dengan bangunan yang identik, dapat termasuk di dalamnya adalah biaya pembebasan tanah, namun untuk biaya bangunan dapat digunakan dengan cara estimasi lapangan.
- b. Estimasi konseptual adalah memperkirakan biaya suatu bangunan berdasarkan satuan volume bangunan atau faktor yang lain, dengan patokan harga yang didasarkan pada bangunan yang identik. Pada estimasi konseptual telah tersedia gambar lengkap ataupun belum lengkap. Beberapa metode estimasi konseptual sebagai berikut:
 - 1) Metode Satuan Luas (m^2), metode ini mengandalkan data dari proyek sejenis yang pernah dibangun. Metoda ini bersifat garis besar dan ketelitiannya rendah.
 - 2) Metode Satuan Isi (m^3) dapat dipakai pada bangunan dimana volume sangat dipentingkan. Metoda ini hanya dapat diandalkan untuk fase awal perencanaan dan perancangan untuk bangunan yang kurang lebih identik.

- 3) Metode Harga Satuan Fungsional, yang menggunakan fungsi dari fasilitas sebagai dasar penetapan biaya.
- 4) Metode Faktorial, dapat digunakan pada proyek bertipe sama. Metode ini berguna untuk proyek - proyek yang mempunyai komponen utama sama. Biaya komponen utama ini akan berfungsi sebagai faktor dasar 1.00. Semua komponen yang lain harganya merupakan fungsi dari komponen utama.
- 5) Metode Sistematis (*Elemental Estimate* atau *Parametric Estimate*), dimana proyek dibagi atas sistem fungsionalnya. Harga satuan ditentukan oleh penjualan tiap harga satuan elemen dalam setiap sistem atau mengalikan dengan data faktor pengali yang ada.

2.13.1 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

RAB (Rencana Anggaran Biaya) adalah perkiraan atau perhitungan biaya yang diperlukan untuk tiap - tiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi baik upah maupun bahan dalam sebuah proyek pekerjaan proyek konstruksi, baik rumah, gedung, jembatan, jalan, bandara, pelabuhan dan lain - lain, sehingga kita memperoleh biaya total yang diperlukan dalam menyelesaikan proyek tersebut. RAB sangat dibutuhkan dalam sebuah proyek konstruksi agar proyek dapat berjalan dengan efisien kena dana yang cukup. Anggaran biaya merupakan harga dari bahan bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda - beda di masing - masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Secara umum ada 4 fungsi utama dari Rencana Anggaran Biaya (RAB):

- a. Menetapkan jumlah total biaya pekerjaan yang menguraikan masing-masing item pekerjaan yang akan dibangun. RAB harus menguraikan jumlah semua biaya upah kerja, material, dan peralatan termasuk biaya lainnya yang diperlukan misalnya perizinan, kantor atau gudang sementara, fasilitas pendukung misalnya air, dan listrik sementara.
- b. Menetapkan daftar dan jumlah material yang dibutuhkan. Dalam RAB harus dipastikan jumlah masing-masing material disetiap komponen

pekerjaan. Jumlah material didasarkan dari volume pekerjaan, sehingga kesalahan perhitungan volume setiap komponen pekerjaan akan mempengaruhi jumlah material yang dibutuhkan. Daftar dan jenis material yang tertuang dalam RAB menjadi dasar pembelian material ke *Supplier*.

- c. Menjadi dasar untuk penunjukan/pemilihan kontraktor pelaksana. Berdasarkan RAB yang ada, maka akan diketahui jenis dan besarnya pekerjaan yang akan dilaksanakan. Dari RAB tersebut akan kelihatan pekerja dan kecakapan apa saja yang dibutuhkan. Berdasarkan RAB tersebut akan diketahui apakah cukup diperlukan satu kontraktor pelaksana saja atau apakah diperlukan untuk memberikan suatu pekerjaan kepada subkontraktor untuk menangani pekerjaan yang dianggap perlu dengan spesialis khusus.
- d. Peralatan-peralatan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pekerjaan akan diuraikan dalam estimasi biaya yang ada. Seorang estimator harus memikirkan bagaimana pekerjaan dapat berjalan secara mulus dengan menentukan peralatan apa saja yang dibutuhkan dalam pekerjaan tersebut. Dari RAB juga dapat diputuskan peralatan yang dibutuhkan apakah perlu dibeli langsung atau hanya perlu dengan sistem sewa. Kebutuhan peralatan dispesifikasikan berdasarkan jenis, jumlah dan lama pemakaian sehingga dapat diketahui berapa biaya yang diperlukan.

Rencana anggaran biaya meliputi Rencana Kerja dan Syarat - Syarat (RKS), perhitungan sewa alat, rencana anggaran biaya (RAB), Rekapitulasi Biaya.

- 1) Rencana Kerja dan Syarat (RKS)

Penyusunan rencana kerja dan syarat merupakan penjelasan tertulis perencanaan secara keseluruhan yang meliputi:

- (a) Keterangan mengenai pekerjaan
- (b) Keterangan mengenai pemberian tugas
- (c) Keterangan mengenai perancangan
- (d) Keterangan mengenai pengawas bangunan

- 2) Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas

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

3) Analisa Satuan Harga Pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi yang dijabarkan dalam perkalian kebutuhan bahan bangunan, upah kerja, dan peralatan dengan harga bahan bangunan, standar pengupahan pekerja dan harga sewa / beli peralatan untuk menyelesaikan per satuan pekerjaan konstruksi. Analisa harga satuan pekerjaan ini dipengaruhi oleh angka koefisien yang menunjukkan nilai satuan bahan/material, nilai satuan alat, dan nilai satuan upah tenaga kerja ataupun satuan pekerjaan yang dapat digunakan sebagai acuan/panduan untuk merencanakan atau mengendalikan biaya suatu pekerjaan. Untuk harga bahan material didapat di pasaran, yang kemudian dikumpulkan di dalam suatu daftar yang dinamakan harga satuan bahan/material, sedangkan upah tenaga kerja didapatkan di lokasi setempat yang kemudian dikumpulkan dan didata dalam suatu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah tenaga kerja. Harga satuan yang di dalam perhitungannya haruslah disesuaikan dengan kondisi lapangan, kondisi alat/efisiensi, metode pelaksanaan dan jarak angkut.

2.13.2 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Untuk penyelesaian suatu pekerjaan konstruksi diperlukan perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap - tiap pekerjaan yang ada. Perencanaan kerja proyek meliputi pembuatan *Network Planning* (NWP) untuk mengetahui hubungan antar pekerjaan pada proyek, pembuatan *Barchart* untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan pelaksanaan pekerjaan sehingga pengaturan pemakaian alat dan bahan antar pekerjaan tidak saling mengganggu dan kurva "S" untuk mengetahui bobot tiap pekerjaan.

Rencana kerja memberikan informasi pembagian waktu secara rinci untuk masing-masing bagian pekerjaan dari pekerjaan awal sampai pekerjaan akhir. Manfaat dan kegunaan rencana kerja sebagai berikut :

- a. Alat koordinasi bagi pemimpin
- b. Pedoman kerja para pelaksana
- c. Pemimpin kemajuan pekerjaan
- d. Evaluasi hasil pekerjaan

2.13.3 *Network Planning* (NWP)

Adanya *network* ini menjadikan sistem manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Di samping itu *network* juga dapat dipergunakan sebagai alat pengawasan yang cukup baik untuk menyelesaikan proyek tersebut. Diagram *network* merupakan kerangka penyelesaian proyek secara keseluruhan, ataupun masing-masing pekerjaan yang menjadi bagian daripada penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Pada prinsipnya *network* dipergunakan untuk perencanaan penyelesaian berbagai macam pekerjaan terutama pekerjaan yang terdiri atas berbagai unit pekerjaan yang semakin sulit dan rumit.

Menurut Sofwan Badri (1997 : 13) dalam bukunya “Dasar-Dasar *Network Planning*” adalah sebagai berikut : “*Network planning* pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variabel) yang digambarkan/divisualisasikan dalam diagram *network*”. Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu dilembur (tambah biaya), pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan tenaga dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi.

Sedangkan menurut Soetomo Kajatmo (1977: 26) adalah : “*Network planning* merupakan sebuah alat manajemen yang memungkinkan dapat lebih luas dan lengkapnya perencanaan dan pengawasan suatu proyek”. Adapun definisi proyek itu sendiri adalah suatu rangkaian kegiatan-kegiatan (aktivitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk

mendapatkan tujuan tertentu.

Pengertian lainnya yang dikemukakan oleh (Tubagus Haedar Ali Tahun 1995), *Network planning* adalah salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam *network* diagram proyek yang bersangkutan.

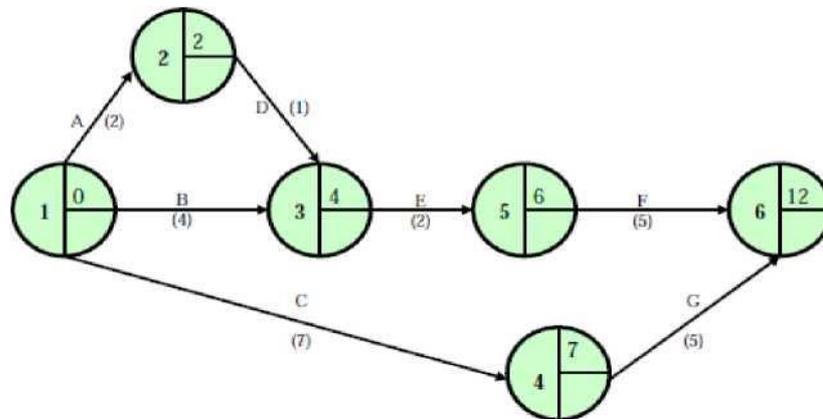
Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- a. Dapat memfokuskan perhatian pada hal-hal yang kritis yang mungkin terjadi pada pelaksanaan sebuah pekerjaan konstruksi.
- b. Mengarahkan seorang pimpinan mengambil keputusan dan mengelola resources (sumber daya) dalam usaha mempercepat selesainya proyek Resources yang dibutuhkan dapat berupa orang, peralatan dan juga fasilitas-fasilitas khusus untuk mengerjakan proyek tersebut.
- c. Memudahkan koordinasi dengan orang-orang atau lembaga yang terlibat.
- d. Memudahkan pengawasan dan pengendalian.
- e. Pedoman bagi para pelaksana pekerjaan sebuah proyek.

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

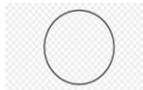
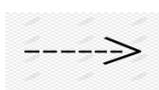
- (1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian pekerjaan, banyaknya durasi maupun *resources* yang dibutuhkan.
- (2) Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
- (3) Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
- (4) Aktifitas-aktifitas itu dibatasi mulai dan selesai.
- (5) Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan aktifitas-aktifitas itu, kemudian mengikutinya.
- (6) Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan. Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
- (7) Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
- (8) Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian

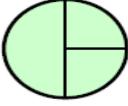
penting tidaknya suatu peristiwa.



Gambar 2.41 Network Planning (NWP)

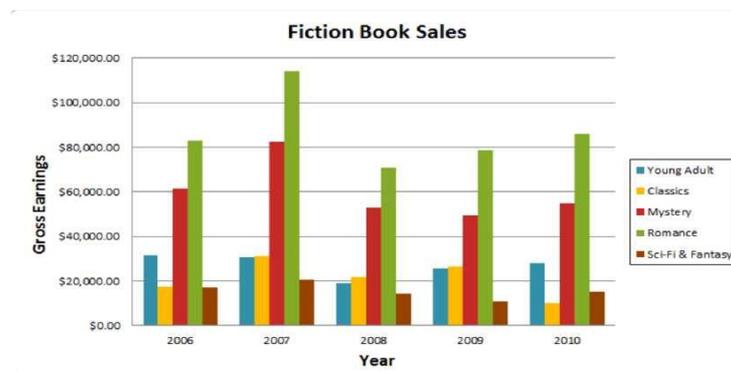
Keterangan :

-  (Arrow), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resources* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak – anak panah menunjukkan urutan – urutan waktu.
-  (Node/event), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
-  (Double Arrow), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
-  (Dummy), bentuknya merupakan anak panah putus-putus yang artinya, kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semua adalah aktifitas yang tidak memakan waktu.

5.  (Event/kejadian), Event adalah saat dimulainya atau berakhirnya suatu kegiatan. Simbul yang digunakan biasanya berupa lingkaran atau ellips. Ruangan sebelah kiri digunakan untuk memberi identitas dari event itu, biasanya berupa bilangan (tak berdimensi). Ruangan kanan digunakan kapan terjadinya kejadian itu, bagian kanan atas menunjukkan kapan paling cepat saat itu terjadi (EET=Earliest Event Time) dan kanan bawah menunjukkan paling lambat saat itu boleh terjadi (LET=Latest Event time). Setiap kegiatan selalu dimulai oleh sebuah event (disebut Start event atau saat dimulai) dan berakhir pada event lain (disebut finish event atau saat selesai). Event tidak membutuhkan waktu.
6. A,...,H merupakan kegiatan, sedangkan La,Lb,Lc,Ld,Le,Lf,Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.

2.13.4 Barchart

Diagram *barchart* merupakan suatu yang erat hubungannya dengan NWP, *barchart* ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan waktu pelaksanaan. Disamping itu dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan yang diperlukan dan pengaturan hal-hal tersebut agar tidak terganggu pelaksanaan pekerjaan.



Gambar 2.42 Barchart

2.13.5 Kurva S

Kurva S adalah suatu kurva yang disusun untuk menunjukkan hubungan antara nilai kumulatif biaya atau jam-orang (*man hours*) yang telah digunakan atau persentase (%) penyelesaian pekerjaan terhadap waktu. Dengan demikian pada kurva S dapat digambarkan kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang berlangsungnya proyek. Oleh karena itu pengendalian proyek dengan memanfaatkan Kurva S sering kali digunakan dalam pengendalian suatu proyek. Pada Kurva “S” sumbu horizontal menunjukkan waktu kalender, dan sumbu vertikal menunjukkan nilai kumulatif biaya atau persentase penyelesaian pekerjaan.