

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Jalan

Menurut Undang–undang No. 38/2004, 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.

2.2 Klasifikasi Jalan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan dijelaskan bahwa penyelenggaraan jalan yang konsepsional dan menyeluruh perlu melihat jalan sebagai suatu kesatuan sistem jaringan jalan yang mengikat dan menghubungkan pusat-pusat kegiatan. Dalam hubungan ini dikenal sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder. Pada setiap sistem jaringan jalan diadakan pengelompokan jalan menurut fungsi, status dan kelas jalan. Pengelompokan jalan berdasarkan status memberikan kewenangan kepada pemerintah untuk menyeleggarakan jalan yang mempunyai layanan nasional dan pemerintah daerah untuk menyelenggarakan jalan di wilayah sesuai dengan prinsip-prinsip otonomi daerah.

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Jalan umum menurut fungsinya berdasarkan pasal 8 Undang – Undang No 38 Tahun 2004 tentang Jalan dikelompokkan ke dalam jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal dan jalan lingkungan sebagai berikut :

a. **Jalan Arteri**

Jalan Arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan umum dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna. Dari peran dan fungsinya ini, jalan arteri harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Kecepatan rencana atau kendaraan lebih dari 60 km/jam.
- Lebar jalan melebihi 8 meter.
- Kapasitas jalan lebih besar dibandingkan volume lalu lintas rata-rata.
- Kecepatan rencana dan kapasitas jalan dicapai dengan membatasi jalan masuk secara efisien.
- Lalu lintas dan kegiatan lokal tidak boleh mengganggu jalan.

a. Jalan Kolektor

Jalan Kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi. Dari peran dan fungsinya ini, jalan kolektor harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Kecepatan rencana atau kendaraan lebih dari 40 km/jam .
- Lebar badan jalan harus lebih 7meter.
- Volume lalu lintas rata-rata tidak boleh lebih besar dari kapasitas jalan.
- Kecepatan rencana dan kapasitas jalan dicapai dengan membatasi jalan masuk secara efisien.
- Lalu lintas dan kegiatan lokal tidak boleh mengganggu jalan.

b. Jalan Lokal

Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi. Dari peran dan fungsinya ini jalan kolektor harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Tidak terputus, apabila memasuki wilayah desa.
- Lebar badan jalan lokal lebih dari 6 meter.
- Kecepatan rencana atau kendaraan diatas 20 km.jam.

c. Jalan Lingkungan

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

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Jenis klasifikasi jalan di Indonesia juga dikelompokkan berdasarkan kelas jalan antara lain, jalan kelas I, jalan kelas II, jalan kelas IIIA, jalan kelas IIIB dan jalan kelas IIIC. Berikut penjelasan dari klasifikasi jalan di Indonesia :

a. Jalan Kelas I

Jalan kelas I adalah jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18000 mm dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton, yang saat ini masih belum sudah dikembangkan diberbagai negara maju seperti Perancis yang telah mencapai muatan sumbu terberat sebesar 13 ton.

b. Jalan Kelas II

Jalan kelas II adalah jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi dari 2500 mm. Ukuran panjang yang tidak melebihi 18000 mm dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 10 ton. Jalan kelas ini merupakan jalan yang sesuai untuk angkutan peti kemas.

c. Jalan Kelas III A

Jalan kelas III A adalah jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

d. Jalan Kelas III B

Jalan kelas III B adalah jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 12000 mm, dan muatan sumbu terberat diizinkan 8 ton.

e. Jalan Kelas III C

Jalan kelas III C adalah jalan lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 9000 mm dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Kelas Jalan

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan			Muatan Sumbu Terberat (MST) ton
		Lebar	Panjang	Tinggi	
Kelas I	Arteri, Kolektor	$\leq 2,55$	$\leq 18,0$	$\leq 4,2$	10
Kelas II	Arteri, Kolektor,	$\leq 2,55$	$\leq 12,0$	$\leq 4,2$	8
Kelas III	Lokal, dan Lingkungan	$\leq 2,2$	$\leq 9,0$	$\leq 3,5$	8
Kelas Khusus	Arteri	$>2,55$	$>18,0$	$\leq 4,2$	>10

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. 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. 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 – 35
3	Gunung	G	>25

(Sumber : Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 5)

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No. 26/1985 adalah Jalan Nasional, Jalan Provinsi, Jalan Kabupaten, Jalan Kota, Jalan Desa, dan Jalan Khusus.

a. Jalan Nasional

Jalan nasional merupakan jalan yang menjadi penghubung antar ibu kota provinsi, dan jalan strategis nasional.

b. Jalan Provinsi

Jalan provinsi merupakan jalan yang menjadi penghubung ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten/kota, antar ibu kota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.

c. Jalan Kabupaten

Jalan kabupaten merupakan jalan yang menjadi penghubung ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan, antar ibu kota kecamatan, ibu kota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, dan jalan strategis kabupaten

d. Jalan Kota

Jalan kota merupakan bagian dari jaringan jalan sekunder yang menjadi penghubung antar pusat pelayanan dalam kota, pusat pelayanan dengan persil (perumahan dan perkebunan), antar persil, dan antar pusat pemukiman di kota.

e. Jalan Desa

Jalan desa merupakan jalan terkecil yang menghubungkan antar kawasan atau antar pemukiman.

f. Jalan Khusus

Jalan khusus merupakan jalan yang dibangun dan dipelihara oleh instansi, badan usaha hukum, atau perorangan untuk melayani kepentingan sendiri.

2.1 Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan (Silvia Sukirman, 1999:21). Pada potongan melintang jalan dapat

terlihat bagian-bagian jalan. Bagian-bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut :

2.3.1 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, 1999:22).

Tabel 2. 3 Lebar Lajur Ideal

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Lebar jalur lalu lintas merupakan bagian yang paling menentukan lebar melintang jalan secara keseluruhan. Besarnya lebar lajur lalu lintas hanya dapat ditentukan dengan pengamatan langsung dilapangan karena :

- a. Lajur lalu lintas tak mungkin tepat sama dengan lebar kendaraan maksimum. Untuk keamanan dan kenyamanan setiap pengemudi membutuhkan ruang gerak antara kendaraan.
- b. Lintasan kendaraan yang satu tidak mungkin akan dapat diikuti oleh lintasan kendaraan lain dengan tepat.
- c. Lintasan kendaraan tak mungkin dibuat tetap sejajar sumbu lajur lalu lintas, karena kendaraan selama bergerak akan mengalami gaya-gaya samping seperti tidak rata permukaan, gaya sentrifugal ditikungan, dan gaya angin akibat kendaraan lain yang menyiap.

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 jalur lalu lintas merupakan bagian yang paling menentukan lebar melintang jalan secara keseluruhan. Besarnya lebar lajur lalu lintas hanya dapat ditentukan dengan pengamatan langsung dilapangan. 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. Pada jalan lokal (kecepatan rendah) lebar jalan minimum 5,50 m (2 x 2,75 m) cukup memadai untuk jalan 2 lajur dengan 2 arah.

Dengan pertimbangan biaya yang tersedia, lebar 5 m pun masih diperkenankan. Jalan arteri yang direncanakan untuk kecepatan tinggi, mempunyai lebar lajur lintas lebih besar dari 3,25 m, sebaiknya 3,50 m. Jumlah lajur kendaraan ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, di mana untuk suatu ruas jalan dinyatakan oleh nilai rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0,8.

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038 Tahun 1997 untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinyemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut :

- 2 - 3% untuk lapisan permukaan menggunakan bahan pengikat aspal ataupun beton
- 4 - 5% untuk jalan dengan lapisan permukaan belum mempergunakan bahan pengikat seperti jalan kerikil.

2.3.1 Bahu Jalan

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

- a. Ruang untuk menghindarkan diri dari saat-saat darurat, sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan.

- a. Ruangan untuk tempat berhenti sementara kendaraan yang mogok atau yang sekedar berhenti karena pengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh, atau untuk beristirahat.
- b. Memberikan sokongan pada konstruksi perkerasan jalan dari arah samping.
- c. Ruangan pembantu pada waktu mengadakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan (untuk tempat penempatan alat-alat, dan penimbunan bahan material)
- d. 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 menggunakan 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 di mana 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 kanan/bahu dalam (*right/inner shoulder*) adalah bahu yang terletak ditepi sebelah kanan dari jalur lalu lintas.
- Bahu kiri/bahu luar (*left shoulder/outer shoulder*) adalah bahu yang terletak ditepi sebelah kiri dari jalur lalu lintas

Tabel 2. 4 Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Lebar Ideal		Lebar Min		Lebar Ideal		Lebar Min		Lebar Ideal		Lebar Min	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
<3000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3000-10000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10000-25000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	**)	**)	-	-	-	-
>25000	2nx ,,5)	2,5	2x 7,0	2,0	2nx 3,5)	2,0	**)	**)	-	-	-	-

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Keterangan : **) = mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 jalur terbagi

- =tidak ditentukan

2.3.1 Median

Pada arus lalu lintas yang tinggi seringkali dibutuhkan median guna memisahkan arus lalu lintas yang berlawanan arah. Median adalah jalur yang terletak di tengah jalan untuk membagi jalan dalam masing–masing arah. Secara garis besar median berfungsi sebagai :

- Menyediakan jarak yang cukup untuk membatasi/ mengurangi kesilauan terhadap lampu besar dari kendaraan yang berlawanan arah.
- Menyediakan jarak yang cukup untuk membatasi/ mengurangi kesilauan terhadap lampu besar dari kendaraan yang berlawanan arah.

Untuk memenuhi keperluan–keperluan tersebut diatas, maka median serta batas–batasnya harus nyata oleh setiap mata pengemudi baik pada siang hari maupun pada malam hari serta segala cuaca dan keadaan. Lebar median bervariasi antara 1,0 – 12 m.

2.3.1 Trotoar Atau Jalur Pejalan Kaki (*Side Walk*)

Trotoar adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang khusus dipergunakan pejalan kaki (*pedestrian*). Untuk keamanan pejalan kaki maka trotoar ini harus dibuat terpisah dari jalur lalu lintas oleh struktur fisik berupa kereb. Perlu atau tidaknya trotoar disediakan sangat tergantung dari volume pedestrian dan volume lalu lintas pemakai jalan tersebut (Silvia Sukirman, 1999, 28).

Lebar trotoar yang dibutuhkan ditentukan oleh volume pejalan kaki, tingkat pelayanan pejalan kaki yang diinginkan, dan fungsi jalan. Untuk itu lebar 1,5 – 3,0 m merupakan nilai yang umum dipergunakan. Lebar jalur tepian median dapat bervariasi antara 0,25 – 0,75 m dan dibatasi dengan marka berupa garis putih menerus

2.3.2 Saluran Samping

Umumnya bentuk saluran samping trapesium, atau empat persegi panjang. Untuk daerah perkotaan, di mana daerah pembebasan jalan sudah sangat terbatas, maka saluran samping dapat dibuat empat persegi panjang dari konstruksi beton dan ditempatkan dibawah trotoar. Sedangkan didaerah pedalaman di mana 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.

Landai dasar saluran biasanya dibuatkan mengikuti kelandaian dari jalan. Tetapi pada kelandaian jalan yang cukup besar, dan saluran hanya terbuat dari tanah asli, kelandaian dasar saluran tidak lagi mengikuti kelandaian jalan. Hal ini untuk mencegah pengikisan oleh aliran air. Kelandaian dasar saluran dibatasi

sesuai dengan material dasar saluran. Jika terjadi perbedaan yang cukup besar antara kelandaian dasar saluran dan kelandaian jalan, maka perlu dibuat terasiring.

2.3.1 Talud / Kemiringan Lereng

Talud jalan umumnya dibuat 2H : 1V, tetapi untuk tanah-tanah yang mudah longsor talud jalan harus dibuat sesuai dengan besarnya landai yang aman, yang diperoleh dari perhitungan kestabilan lereng. Berdasarkan keadaan tanah pada lokasi jalan tersebut, mungkin saja dibuat bronjong, tembok penahan tanah, lereng bertingkat (berm) ataupun hanya ditutupi rumput saja.

2.3.2 Kereb

Talud jalan umumnya dibuat 2H : 1V, tetapi untuk tanah-tanah yang mudah longsor talud jalan harus dibuat sesuai dengan besarnya landai yang aman, yang diperoleh dari perhitungan kestabilan lereng. Berdasarkan keadaan tanah pada lokasi jalan tersebut, mungkin saja dibuat bronjong, tembok penahan tanah, lereng bertingkat (berm) ataupun hanya ditutupi rumput saja.

2.3.3 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 :

- Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan.
- Kedalaman minimum 1,5 m diukur dari permukaan perkerasan pada sumbu jalan
- Tinggi minimum 5 m diatas permukaan perkerasan pada sumbu jalan.

2.3.1 Ruang Milik Jalan (Rumija)

Ruang milik jalan adalah ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu diluar manfaat jalan yang diperuntukkan bagi ruang manfaat jalan, pelebaran jalan, penambahan jalur lalu lintas dimasa 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 diluar ruang manfaat jalan tetapi didalam ruang milik jalan dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan keluasan keamanan penggunaan jalan antara lain untuk keperluan pelebaran ruang manfaat jalan dikemudian hari.

2.3.2 Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja)

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

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang menitikberatkan pada perencanaan bentuk fisik dari jalan. Perencanaan geometrik jalan bertujuan untuk memenuhi fungsi dasar jalan, yaitu memberikan pelayanan kepada pengguna arus lalu lintas secara optimum.(Sukirman,1994).

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat, gerakan,ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerakan kendaraannya dan karakteristik arus lalu lintas. Hal-hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencanaan sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat keamanan dan kenyamanan yang diharapkan.

Perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan data-data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, dan penyelidikan tanah, data penyelidikan material dan data penunjang lainnya. Semua data ini diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya, karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya kondisi suatu daerah yang akan dibangun. Dengan adanya data-data ini, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya (Sukirman,1999).

Perencanaan route dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. Standar perencanaan tersebut, dibuat oleh Direktorat Jenderal Bina Marga yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan berdasarkan peruntukan jalan raya, yaitu:

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

2.3.1 Data Topografi

Topografi merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai standar perencanaan geometrik. Untuk memperkecil biaya pembangunan jalan maka dalam perencanaan geometrik perlu sekali disesuaikan dengan keadaan topografi.

Pengukuran peta topografi digunakan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup guna menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat yang memerlukan alinyemen dan

tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan diduplikannya trase jalan yang sesuai dengan standar. Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan sebagai berikut :

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

Berdasarkan besarnya lereng melintang dengan arah kurang lebih tegak lurus sumbu jalan raya jenis medan dibagi menjadi tiga golongan umum yaitu datar, perbukitan dan gunung.

Tabel 2. 5 Klasifikasi Medan dan Besarnya

Golongan Medan	Lereng Melintang
Datar (D)	0% - 9,9%
Perbukitan (B)	10% - 24,9%
Gunung (G)	$\geq 25\%$

(Sumber :Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

2.3.1 Penentuan Trase

Penentuan lokasi dan perencanaan suatu trase jalan sampai pada batas-batas tertentu sangat dipengaruhi oleh keadaan fisik dan topografi serta peruntukan lahan yang dilaluinya. Keadaan tanah dasar dapat mempengaruhi lokasi dan bentuk trase dari suatu jalan, misalnya keadaan tanah dasar yang kurang baik dapat memaksa perencana untuk memindahkan trase jalan atau melakukan penimbunan yang tinggi, walaupun dalam kondisi tertentu dapat diatasi dengan cara tata alir drainase yang baik (Ir. Hamirhan Saodang,2010:47).

Permen PU No.19 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan, penentuan pemilihan trase dipertimbangkan melalui:

- a. Trase jalan sebaiknya dibuat lurus, pendek, sedikit tikungan, dan kelandaiannya seminim mungkin.
- b. Trase jalan menjauhi Daerah Aliran Sungai (DAS).
- c. Trase jalan mempertimbangkan besarnya volume galian dan timbunan.
- d. Pemilihan lokasi trase pada tanah yang mempunyai nilai CBR yang memenuhi syarat, sehingga keberadaan tanah tersebut bisa dipakai untuk pekerjaan timbunan pada lokasi trase jalan yang akan direncanakan.

2.3.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas merupakan dasar informasi yang dibutuhkan untuk perencanaan dan desain suatu jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan melalui jalan tersebut. Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik lainnya, karena saling memiliki keterkaitan satu dengan yang lainnya.

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

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (smp), volume lalu lintas dalam smp ini menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari lalu lintas harian rata-rata yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

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 hal yang harus dilakukan sebagai berikut :

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

Volume lalulintas 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 28 yang kita peroleh dari hasil pendataan (km/jam). Volume lalulintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah Lalulintas Harian Rata-rata (LHR) yang didapatkan untuk merencanakan tebal perkerasan.

Ekuivalen mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam kapasitas jalan.

Tabel 2. 6 Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP) 2/2 UD

Jenis Topografi Jalan	Arus Total (kend /jam)	EMP					
		Kend Menengah Besar	Bus Berat	Truk Besar	Lebar Perkerasan Jalan		
					< 6 m	6 – 8m	>8m
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	≥ 1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Perbukitan	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥ 1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Pegunungan	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≥ 1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

2.3.1 Data Penyelidikan Tanah

Tanah dasar dapat terdiri dari tanah dasar asli, tanah dasar tanah galian, atau tanah dasar tanah urug yang disiapkan dengan cara dipadatkan menurut (Shirley L. Hendarsin 2000). Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah dilapangan, meliputi pekerjaan :

- a. Penelitian terhadap semua kondisi tanah yang ada pada proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survei langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium. Pengambilan data CBR (California Bearing Ratio) dilapangan dilakukan sepanjang ruas rencana, dilakukan setiap jarak 250 m. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu anatis dan grafis.

– Metode Analitis

Dengan menggunakan Metode Japan Road Ass

Rumus CBR segmen

$$CBR = \frac{CBR \text{ rata-rata} - (CBR \text{ maks} - CBR \text{ min})}{R} \dots\dots\dots 2. 1$$

Dimana :

CBR segmen = CBR yang mewakili nilai CBR satu segmen

CBR rata-rata = CBR yang mewakili nilai CBR satu segmen

CBR maks = CBR maksimal dalam satu segmen

CBR min = CBR minimum dalam satu segmen

R = Konstanta

– Metode Grafis

Nilai CBR segmen dengan menggunakan metode grafis merupakan nilai persentil ke 90 dari data CBR yang ada dalam satu segmen. Langkah-langkah menentukan CBR segmen menggunakan metode grafis adalah sebagai berikut :

- Tentukan nilai CBR terkecil
- Susunlah nilai CBR dari yang terkecil ke yang terbesar dan tentukan jumlah data dengan nilai CBR yang sama atau lebih besar dari setiap nilai CBR. Pekerjaan ini dilakukan secara tabelaris.

- Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%
- Gambarlah hubungan antara nilai CBR dan persentase dari butir 3
- Nilai CBR segmen adalah nilai pada angka 90% sama atau lebih besar dari nilai CBR yang tertera.

a. Analisa

Membakukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu, ASTM (*American Standard Testing And Materials*) dan AASHTO (*The American Association Of State Highway And Transportation Officials*) maupun standar yang berlaku di Indonesia

Tabel 2. 7 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 : *Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan*)

2.1 Parameter Perencanaan

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. Berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam perencanaan geometrik jalan, yaitu :

2.5.1 Kendaraan Rencana

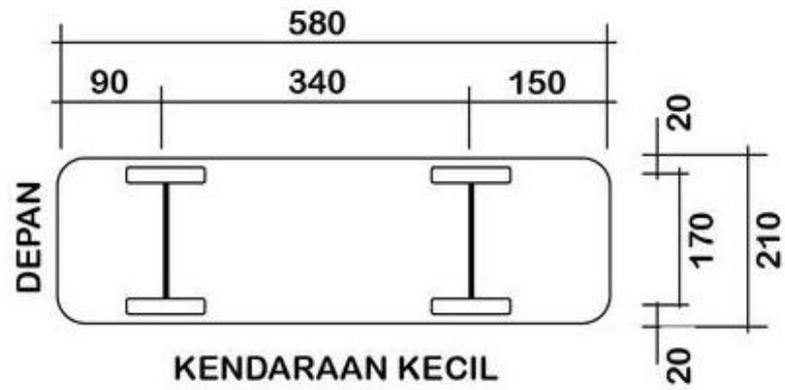
Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Kendaraan rencana dikelompokkan dalam 3 (tiga) kategori, yaitu :

- a. Kendaraan ringan/kecil (LV), yaitu kendaraan yang mempunyai 2 as dengan empat roda dengan jarak as 2,00-3,00 meter meliputi: penumpang, mikrobus, pick up, dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga.
- b. Kendaraan Sedang (MHV), yaitu kendaraan yang mempunyai dua as gandar, dengan jarak as 3,5-5,00 meter meliputi: bus kecil, truk dua as dengan enam roda.
- c. Kendaraan Berat/Besar (LB), yaitu bus dengan dua/tiga gandar, dengan jarak as 5,00-6,00 meter.
- d. Truk Besar (LT), yaitu truk dengan tiga gandar dan truk kombinasi tiga, dengan jarak gandar (gandar pertama ke gandar kedua) $< 3,50$ meter.
- e. Sepeda Motor (MC), yaitu kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda meliputi: sepeda motor dan kendaraan roda tiga.
- f. Kendaraan tak bermotor (UM), yaitu kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai sistem Klasifikasi Bina Marga).

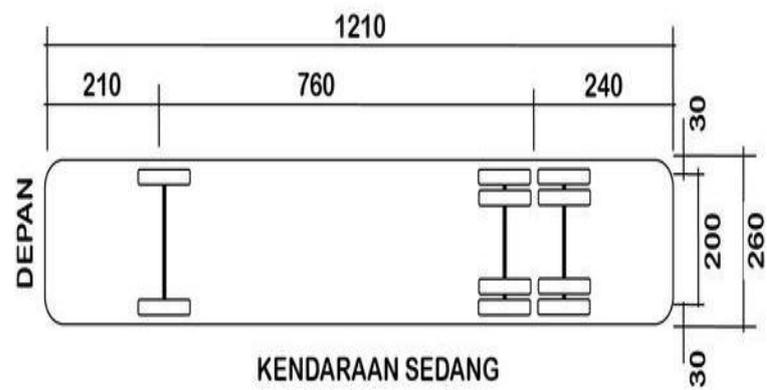
Tabel 2. 8 Dimensi Kendaraan Rencana

KATEGORI KENDARAN RENCANA	DIMENSI KENDARAAN (cm)			TONJOLAN (cm)		RADIUS PUTAR (cm)		RADIUS TONJOLAN (cm)
	T	L	P	D	B	Min	Max	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	210	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	120	290	1400	1370

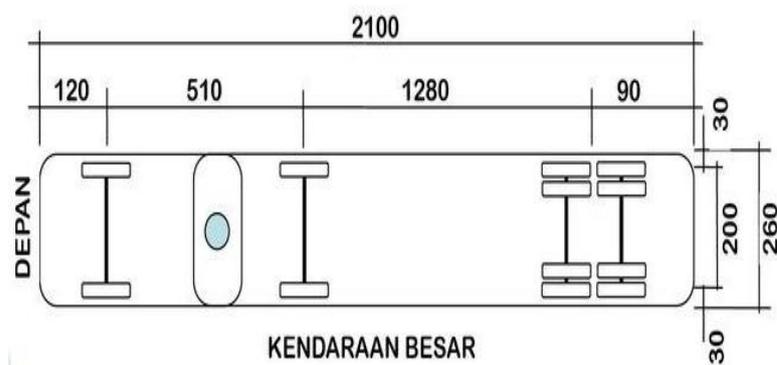
(Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 2. 1 Dimensi kendaraan kecil



Gambar 2. 2 Dimensi kendaraan sedang

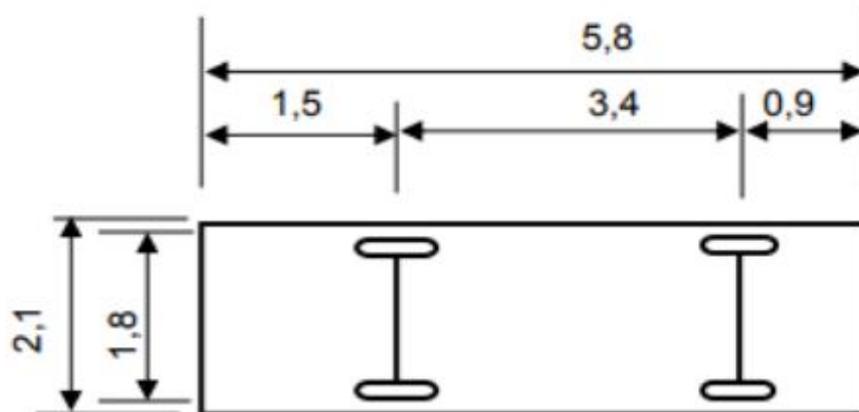


Gambar 2. 3 Dimensi kendaraan besar

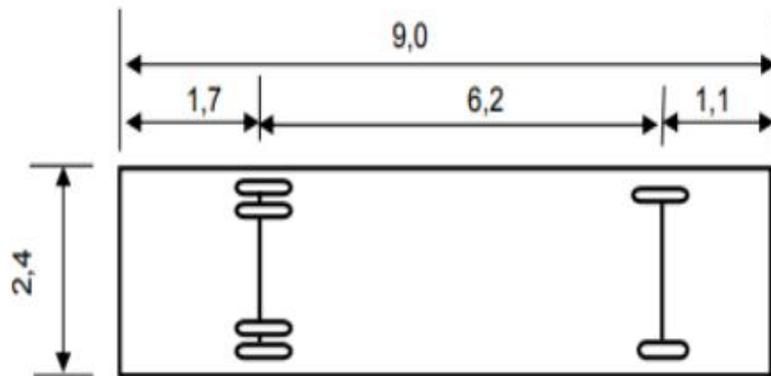
Tabel 2. 9 Dimensi Kendaraan Rencana

Jenis Kendaraan	Simbol	Dimensi Kendaraan			Dimensi Tonjolan		Radius Putar Min	Radius Putar Maks
		T	L	P	D	B		
Mobil Penumpang	P	1,3	2,1	5,8	0,9	1,5	7,3	4,4
Truk As Tunggal	SU	4,1	2,4	9,0	1,1	1,7	12,8	8,6
Bus Gandeng	ABUS	3,4	2,5	18,0	2,5	2,9	12,1	6,5
Truk Semitrailer Kombinasi Sedang	WB12	4,1	2,4	13,9	0,9	0,8	12,2	5,9
Truk Semitrailer Kombinasi Sedang	WB15	4,1	2,5	16,8	0,9	0,6	13,7	5,2
Convetional School Bus	SB	3,2	2,4	10,9	0,8	3,7	11,9	7,3
City Transit Bus	CB	3,2	2,5	12,0	2,0	2,3	12,8	7,5

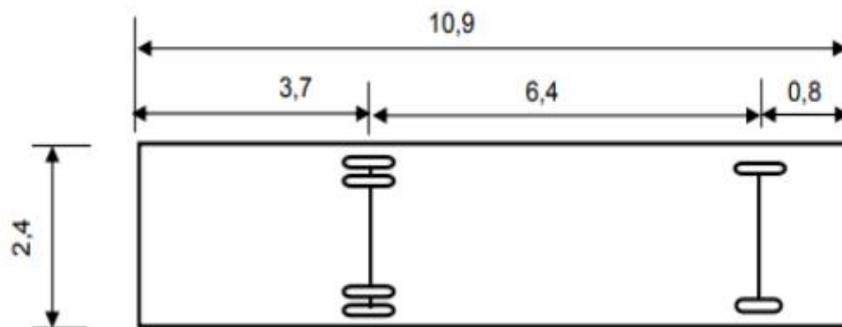
(Sumber :RSNI Geometrik Jalan Perkotaan, 2004)



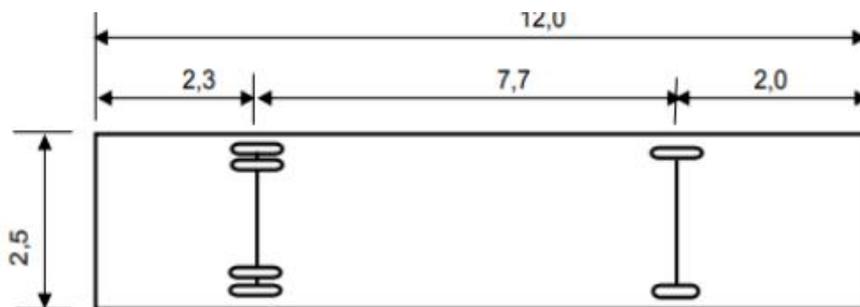
Gambar 2. 4 Kendaraan Penumpang (P)

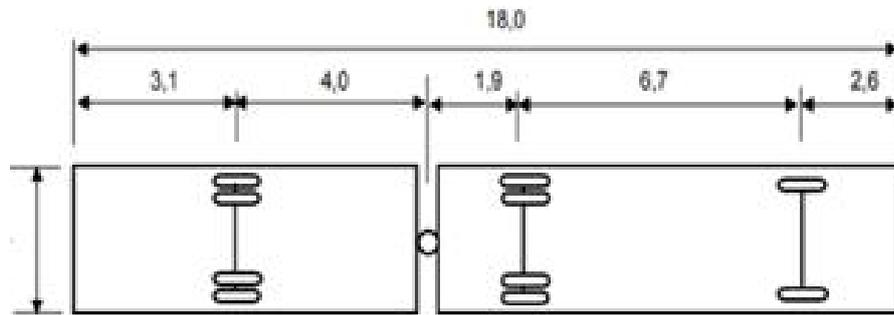


Gambar 2. 5 Kendaraan Truk As Tuggal (SU)

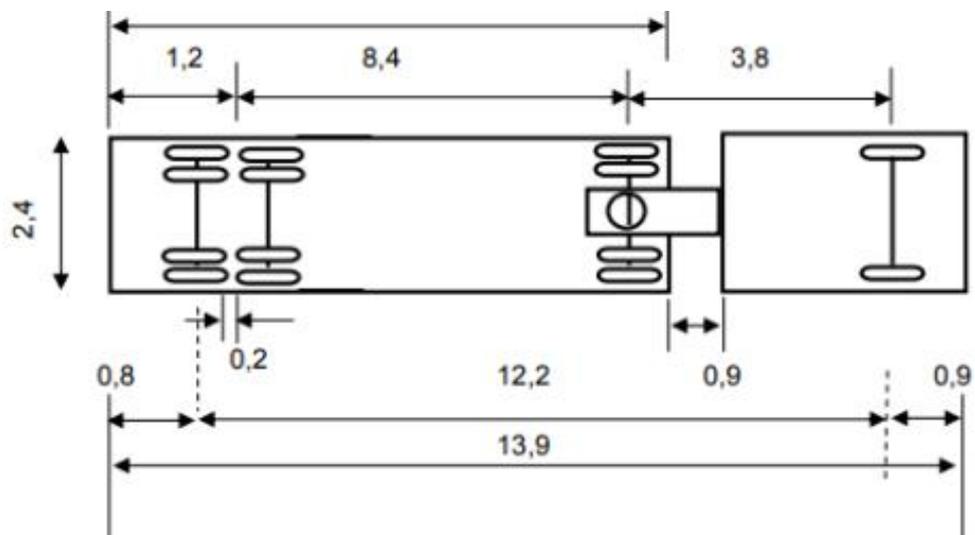


Gambar 2. 6 Kendaraan Bus Sekolah

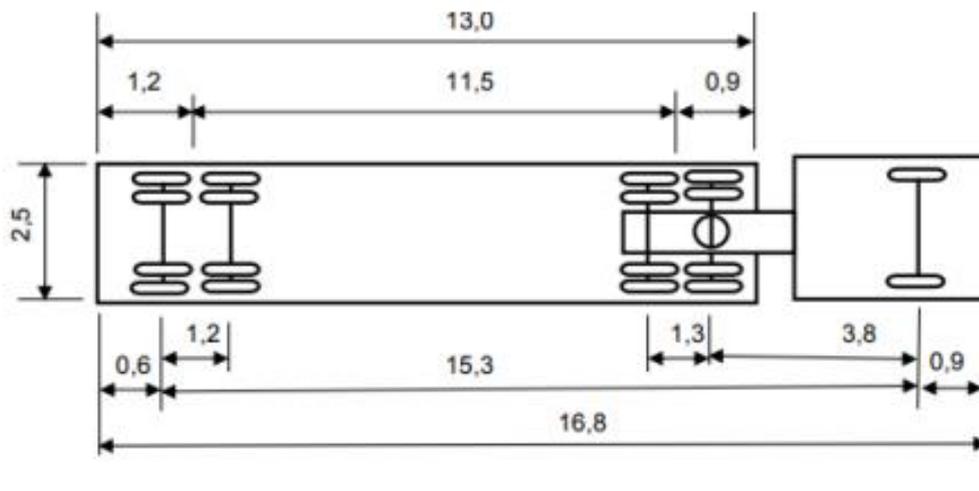
Gambar 2. 7 Kendaraan *City Bus*



Gambar 2. 8 Kendaraan Bus Tempel Atau Gandengan (A-BUS)



Gambar 2. 9 Kendaraan Semitrailer Kombinasi Sedang (WB-12)



Gambar 2. 10 Kendaraan Semitrailer Kombinasi Besar (WB-15)

2.5.1 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (VR) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan - kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Untuk kondisi medan yang sulit, VR suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam. Kecepatan rencana tergantung kepada :

- Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan.
- Sifat fisik jalan dan keadaan medan disekitarnya.
- Cuaca.
- Adanya gangguan dari kendaraan lain.
- Batasan kecepatan yang diizinkan

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada Tabel 2. 10

Tabel 2. 10 Kecepatan Rencana

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (Vr), km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-60	30-50
Lokal	40-70	30-50	20-30

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

2.5.2 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melintas satu titik pengamatan dalam satu-satuan waktu (hari, jam atau menit). Volume lalu lintas harian rata-rata (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/hari.

a. Satuan Mobil Penumpang (smp)

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang.

Tabel 2. 11 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Jenis Kendaraan	Nilai SMP
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang/Sepeda Motor	1,0
Truk Ringan	2,0
Truk Sedang	2,5
Truk Berat	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	7,0

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

b. Ekivalensi mobil penumpang (smp)

Faktor konversi sebagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (emp mobil penumpang = 1,0).

Tabel 2. 12 Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar/Bukit	Gunung
1	Sedang, Jeep station wagon	1,0	1,0
2	Pick up, Bus kecil, Truck kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3	Bus dan Truck besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

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

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

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

Lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur 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 Rata-Rata (LHR)

Lalu lintas harian rata-rata (LHR) adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$\text{LHRT} = \frac{\text{jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{\text{lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots 2. 3$$

c. Volume Jam Rencana (VJR)

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038 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 :

$$\text{VJP} = \text{VLHR} = \frac{K}{F} \quad 2. 4$$

Dimana :

K = Faktor volume arus lalu lintas jam sibuk

F = Faktor variasi tingkat lalu lintas perseperempat jam dalam 1 jam

Tabel 2. 13 Volume Jam Perencanaan

VLHR (smp/hari)	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 : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No.038/TBM/1997)

Tabel 2. 14 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Linta (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,74
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat)

a. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu (Silvia Sukirman, 1999:46). Kapasitas jalan menunjukkan jumlah arus lalu lintas maksimum yang dapat melewati penampang tersebut dalam waktu 1 jam sesuai kondisi jalan.

Persamaan dasar untuk menghitung kapasitas ruas jalan dalam MKJI (1997) jalan luar kota adalah sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots 2. 5$$

Dimana :

- C = Kapasitas (smp/jam)
 Co = Kapasitas dasar (smp/jam)
 FCw = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas
 FCsp = Faktor penyesuaian pemisah arah
 FCsf = Faktor penyesuaian hambatan samping

Tabel 2. 15 Kapasitas Dasar (Co) Pada Jalan Luar Kota

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

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 2. 16 Faktor Penyesuaian Kapasiras untuk Pemisah Arah (FcSp)

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian Hambatan Samping untuk Jalan dengan Bahu (FCsf)			
		Lebar Bahu Efektif (Ws)			
		≤ 5	1,0	1,5	≤ 2,0
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
4/2 UD Atau 2/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 2. 17 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)

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

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 2. 18 Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Ukuran Kota (FCcs)

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

Tabel 2. 19 Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping (FCsf)

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian untuk Hambatan Samping (FCsf)			
		Lebar bahu Efektif (WS)			
		≤0,5 m	1,0 m	1,5 m	≥2 m
4-lajur 2 arah berpembatas median (4/2 D)	Sangat Rendah	0,96	0,98	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,88	0,92	0,95	0,98
	Sangat Tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
4-lajur 2 arah tanpa pembatas media (4/2 UD)	Sangat Rendah	0,96	0,99	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,98
	Sangat Tinggi	0,80	0,86	0,90	0,95
2-lajur 2 arah tanpa pembatas medan (2/2 U) atau jalan satu arah D	Sangat Rendah	0,94	0,96	0,99	1,01
	Rendah	0,92	0,94	0,97	1,00
	Sedang	0,89	0,92	0,95	0,98
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat Tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

a. Derajat Kejenuhan

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

Persamaan dasar untuk menentuka derajat kejenuhan adalah sebagai berikut :

$$D_s = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana :

D_s = Derajat Kejenuhan

Q = Arus Lalu Lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

Tabel 2. 20 Tingkat Pelayanan Jalan Berdasarkan Q/C

Tingkat Pelayanan	Kondisi Lapangan	Rasio (Q/C)
A	Arus bebas ; volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki	0,00 – 0,20
B	Arus stabil, kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas	0,20 – 0,44
C	Arus stabil, kecepatan dikontrol oleh lalu lintas	0,45 – 0,74
Tingkat Pelayanan	Kondisi Lapangan	Rasio (Q/C)
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan menurun akibat hambatan yang timbul dan kebebasan bergerak relatif kecil	0,75 – 0,84
E	Arus tidak stabil, kecepatan rendah dan berbedabeda terkadang berhenti, volume mendekati kapasitas	0,85 – 1,00
F	Arus yang dipaksakan atau macet ; kecepatan rendah volume dibawah kapasitas, terjadi hambatan yang besar	>1,00

(Sumber :Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

2.5.1 Jarak Pandang

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

- a. Menghindarkan terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan yang berada pada jalur jalan.
- b. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur sebelahnya.
- c. Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
- d. Sebagai pedoman bagi pengatur lalu-lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu lintas yang diperlukan pada setiap segmen

Berdasarkan kegunaannya jarak pandangan terdiri atas :

- a. Jarak Pandang Henti (Jph)

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

- Jarak Tanggap (Jht)

Jarak tanggap adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

- Jarak Pengereman (Jhr)

Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Berdasarkan Shirley L. Hendarsin (2000:90) jarak pandang henti dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

$$Jh = Jht + Jhr \dots\dots\dots 2. 7$$

$$Jh = \frac{VR}{3,6} T + \frac{\left(\frac{VR}{3,6}\right)^2}{2g.f.p} \dots\dots\dots 2. 8$$

Dari persamaan tersebut dapat dibedakan menjadi :

Untuk jalan dasar

$$Jh = 0,278 \times Vr \times T + \frac{Vr^2}{254 \times fp} \dots\dots\dots 2. 9$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

$$Jh = 0,278 \times Vr \times T + \frac{Vr^2}{254 \times fp \pm L} \dots\dots\dots 2. 10$$

Dimana :

Vr = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

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

fp = Koefisien gesek memanjang jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55 (menurut bina marga)

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

Tabel 2. 21 Jarak Pandang Henti Minimum (Jh) Minimum

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Jenderal Bina Marga, 1997)

a. Jarak Pandang Mendahului (Jpm)

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

Berdasarkan (Shirley L. Hendarsin (2000:92)), rumus yang digunakan :

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4 \dots\dots\dots 2. 11$$

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 :

$$d1 = 0,278 T1 (V_R - m + \alpha \cdot \frac{T1}{2}) \dots\dots\dots 2. 12$$

$$d2 = 0,278 VR T2 \dots\dots\dots 2. 13$$

$$d3 = \text{antara } 30 - 100\text{m} \dots\dots\dots 2. 14$$

$$d4 = \frac{2}{3} \cdot d2 \dots\dots\dots 2. 15$$

Dimana :

$$T1 = \text{Waktu dalam (detik), } = 2,12 + 0,026 VR$$

$$T2 = \text{Waktu kendaraan berada di jalur lawan (detik)}$$

$$\alpha = 6,56 + 0,048 VR$$

$$a = \text{Percepatan rata-rata (km/jam/detik)}$$

$$m = 2,052 + 0,0036 VR$$

$$m = \text{Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului kendaraan}$$

Daerah mendahului harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30 % dari panjang total ruas jalan tersebut. Jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada Tabel 2. 22

Tabel 2. 22 Panjang Minimum Jarak Mendahului

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Jenderal Bina Marga, 1997)

2.1 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal dikenal juga situase jalan atau trase jalan adalah proyeksi sumbu jalur pada bidang horizontal. Alinyemen horizontak terdiri dari

garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan ataupun busur lingkaran saja (Sukirman,1999)

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

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.

(Silvia Sukirman (1999 : 71-72)) menyatakan superelevasi maksimum (e_p) yang dapat dipergunakan pada suatu jalan raya dibatasi oleh beberapa seperti :

1. Keadaan cuaca
2. Jalan yang berada di daerah yang sering turun hujan
3. Keadaan medan jalan. Daerah datar memiliki nilai superelevasi maksimum lebih tinggi daripada daerah perbukitan
4. Keadaan lingkungan, perkotaan (urban) atau luar kota (rural). Superelevasi maksimum lebih tinggi dari pada perbukitan
5. Komposisi jenis kendaraan dari arus lalu lintas.

Dimana nilai-nilai e_{penuh} (e_p)

1. Untuk daerah licin atau berkabut, $e_p = 8\%$
2. Daerah perkotaan, $e_p = 4 - 6\%$
3. Dipersimpangan, e sebaiknya rendah, bahkan tanpa superelevasi

1. *American Assiciation Of State Highway And Transparan Officials* (AASHTO) menganjurkan, jalur luar kota untuk V rencana = 30 km/jam $e = 8\%$, V rencana > 30 km/jam $e = 10\%$
2. Bina Marga menganjurkan, e maks untuk jalan perkotaan = 6 %

Tabel 2. 23 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.6.1 Penentuan Trase Jalan

Dalam penentuan trase jalan harus diterapkan sedemikian rupa, agar bisa memberikan pelayanan yang baik yang sesuai dengan fungsi serta bisa memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pemakainya.

Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal, maka harus memerhatikan syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Penentuan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat menghemat biaya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan.
- b. Dalam penyediaan material dan tenaga kerja diletakkan tidak terlalu jauh dari lokasi proyek sehingga dapat menekan biaya pemindahan material tersebut.
- c. Untuk mendapatkan jalan yang dapat memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jalan maka perlu diperhatikan keadaan topografi, sehingga tercapainya perencanaan yang baik dan ssuai topografi elevasi muka tanah daerah tersebut.

2.6.1 Penentuan Kordinat dan Jarak

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

Gambar 2. 11 Contoh Rencana Garis Sumbu Jalan

Titik penting yang ditentukan koordinatnya adalah :

- a. Titik awal proyek dengan simbol A.
- b. Titik PI.1, PI.2, PI.n sebagai titik potong dari kedua bagian lurus rencana alinyemen horizontal
- c. Titik akhir proyek dengan simbol B.

Rumus yang dipakai untuk menghitung jarak adalah :

$$d = \sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y1 + Y2)^2} \dots\dots\dots 2. 16$$

Dimana :

D = Jarak titik A ke titik PI.1

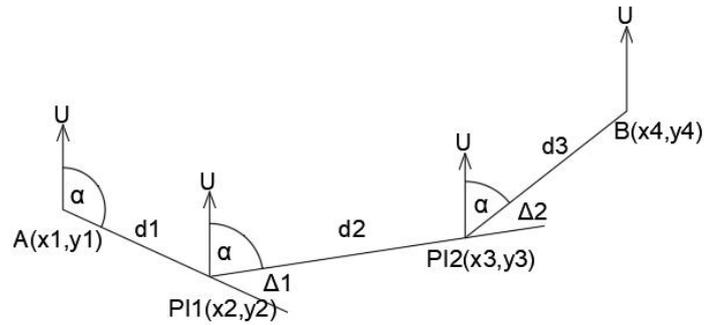
X2 = Koordinat titik PI.1 pada sumbu X

X1 = Koordinat titik A pada sumbu X

Y2 = Koordinat titik PI.1 pada sumbu Y

Y1 = Koordinat titik A pada sumbu Y

2.6.1 Penentuan Sudut Jurusan dan Sudut Bearing



Gambar 2. 12 Sudut Azimuth dan Sudut Antara Dua Tangen

Sudut jurusan ditentukan berdasarkan arah utara. Untung menghitung nilai delta, kita harus mencari nilai alfa terlebih dahulu dengan rumus sebagai berikut :

$$\alpha_1 = \arctan \left(\frac{X_b - X_a}{Y_a - Y_b} \right) \dots\dots\dots 2. 17$$

Sudut antara dua tangen Δ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta_1 = \alpha_2 \pm \alpha_1 \dots\dots\dots 2. 18$$

Dimana :

α1 = Sudut jurusan

Δ1 = Sudut azimuth

Xa/Ya = Koordinat pada titik awal garis tangen

Xb/Yb = Koordinat pada titik akhir/perpotongan garis tangen

2.6.2 Jari-jari Tikungan

Dalam Perencanaan tikungan perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Jari-jari Lengkung Minimum

Untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum dengan superelevasi minimum 10%. Nilai panjang jari-jari minimum dapat dilihat pada Tabel 2.24

Rumus jari-jari minimum R_{min} adalah sebagai berikut :

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots 2.19$$

$$D_{max} = 181913,53 \frac{e_{max} + f_{max}}{v^2} \dots\dots\dots 2.20$$

Dimana :

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

V = Kecepatan rencana (km/jam)

D_{max} = Derajat lengkung maksimum, ($^{\circ}$)

e_{max} = Superelevasi maksimum (%)

f_{max} = Koefisien gesekan melintang maksimum

Tabel 2. 24 Panjang Jari-Jari Minimum untuk $e_{max} = 10\%$

V_r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	600	370	280	110	80	50	30	15

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

1. Batas tikungan tanpa kemiringan

Untuk jari-jari yang diijinkan tanpa adanya superelevasi dapat dilihat pada Tabel 2.25

Tabel 2. 25 Jari-jari yang diizinkan tanpa superelevasi

Kecepatan Rencana V_r (km/jam)	R (m)
60	700
80	1250
100	2000
120	5000

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

1. Lengkung peralihan

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

Menurut Bina Marga 1997 untuk menentukan panjang L_s diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan di bawah ini :

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

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T \text{ (m)} \dots\dots\dots 2. 21$$

- b. Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus sebagai berikut :

$$L_s = 0,002 \frac{V_R^3}{R_c \cdot c} - 2,272 \frac{V_R - e}{c} \text{ (m)} \dots\dots\dots 2. 22$$

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3.6\tau_c} \times V_R \text{ (m)} \dots\dots\dots 2. 23$$

Dimana :

T = Waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

E = Superelevasi

C = Perubahan percepatan diambil 0,3 – 1,0

R = Jari-jari busur lingkaran (m)

e_m = Superelevasi maksimum

e_n = Superelevasi normal

τ_e = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan.

- $V_R \leq 70 \frac{km}{jam}, r_{maks} = 0,035 m/m/detik$
- $V_R \leq 80 \frac{km}{jam}, r_{maks} = 0,035 m/m/detik$

Tabel 2. 26 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 : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Selain menggunakan rumus L_s dapat ditetapkan berdasarkan Tabel 2. 27.

Tabel 2. 27 Panjang Lengkung Peralihan

V_R (km.jam)	Superelevasi e (%)									
	2		4		6		8		10	
	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls
20										
30										
40	10	20	15	25	15	25	25	30	35	40
50	15	25	20	30	20	30	30	40	40	50
60	15	30	20	35	25	40	35	50	50	60
70	20	35	25	40	30	45	40	55	60	70
80	30	55	40	60	45	70	65	99	90	120
90	30	60	40	70	50	80	70	65	99	120
100	35	65	45	80	55	90	80	110	0	145
110	40	75	50	85	60	100	90	120	11	-
120	40	80	55	90	70	110	95	135	0	-

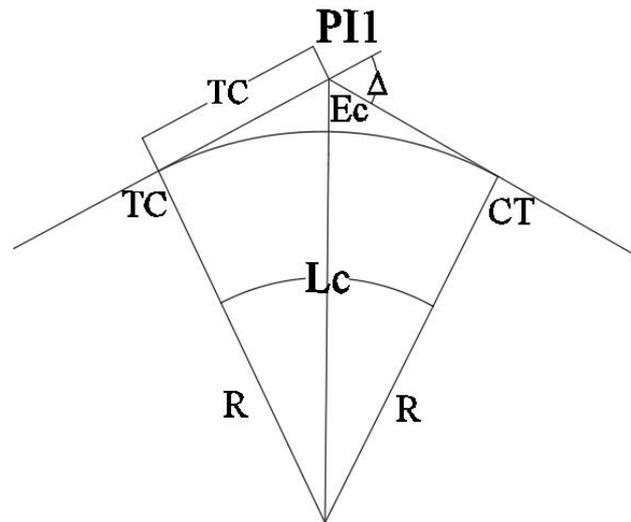
(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.6.1 Tikungan *Full Circle* (FC)

Tikungan *Full circle* yaitu jenis tikungan yang hanya terdiri dari segmen bentuk lingkaran saja. Tikungan *Full Circle* hanya dipakai untuk R (jari-jari lingkaran) yang lebar agar tidak terjadi retakan (*crack*), karena nilai R kecil maka

dibutuhkan superelevasi yang besar. Jari-jari tikungan untuk tikungan jenis *Full Circle*

ditunjukkan pada. Tabel 2. 28.dan komponen komponennya dapat dilihat pada gambar Gambar 2. 13.



Gambar 2. 13 Tikungan *Full Circle*

Rumus yang digunakan pada tikungan *Full Circle* yaitu:

$$Tc = R \tan \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots 2. 24$$

$$Ec = Tc. \tan \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots 2. 25$$

$$Lc = \frac{\pi}{180} \times \Delta \times R \dots \dots \dots 2. 26$$

Dimana :

Δ = Sudut tangen ($^{\circ}$)

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

Rc = Jari-jari lingkaran (m)

Ec = Panjang luar PI ke busur lingkaran (m)

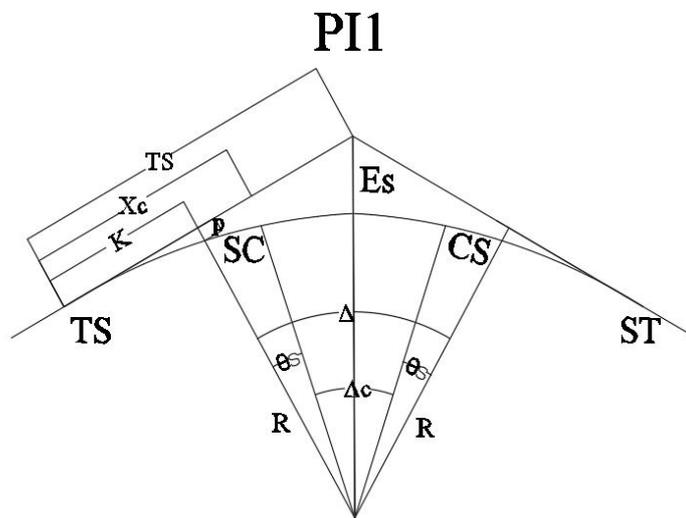
Lc = Panjang busur lingkaran (m)

2.6.1 Tikungan *Spiral – Circle – Spiral (SCS)*

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang

memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

Tikungan spiral merupakan peralihan dan suatu bagian lurus ke bagian lingkaran (*circle*) yang panjangnya diperhitungkan dengan mempertimbangkan bahwa perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai mencapai bagian lengkung. Jari-jari yang diambil untuk tikungan Spiral circle-spiral haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan. komponen tikungan SCS dapat dilihat pada Gambar 2. 14



Gambar 2. 14 Tikungan *Spiral - Circle - Spiral*

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

1. Kemiringan tikungan maksimum
2. Koefisien gesekan melintang maksimum

Adapun ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan *Spiral – Circle – Spiral* adalah sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{90^\circ}{\pi} \cdot \frac{L_s}{R} \dots\dots\dots 2. 27$$

$$\Delta c = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots 2. 28$$

$$Lc = \frac{\Delta c}{180^\circ} \cdot \pi \cdot R \dots\dots\dots 2. 29$$

$$Ys = \frac{Ls^2}{6R} \dots\dots\dots 2. 30$$

$$Xs = Ls \left(1 - \frac{Ls^2}{40R^2} \right) \dots\dots\dots 2. 31$$

$$p = \frac{Ls^2}{6R} - R(1 - \cos\theta_s) \dots\dots\dots 2. 32$$

$$k = Ls - \frac{Ls^3}{40 \cdot R} - R \cdot \sin \theta_s \dots\dots\dots 2. 33$$

$$Ts = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots 2. 34$$

$$Es = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta - R} \dots\dots\dots 2. 35$$

$$Es = \frac{\Delta}{360} - 2\pi R \dots\dots\dots 2. 36$$

$$L = Lc + 2Ls \dots\dots\dots 2. 37$$

Dimana :

Xs = absis titik SC pada garis tangen, jarak titik TS ke SC (m).

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

Ls = Panjang lengkung peralihan (m).

L' = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS) (m).

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

TS = Titik dari tangen ke spiral (m).

SC = Titik dari spiral ke lingkaran (m).

R = Jari-jari lingkaran (m).

P = Pergeseran tangen terhadap spiral (m).

K = Absis dari p pada garis tangen spiral (m).

S = Sudut lengkung spiral ($^\circ$).

Es = Jarak dari PI ke lingkaran (m).

Dengan kontrol jika :

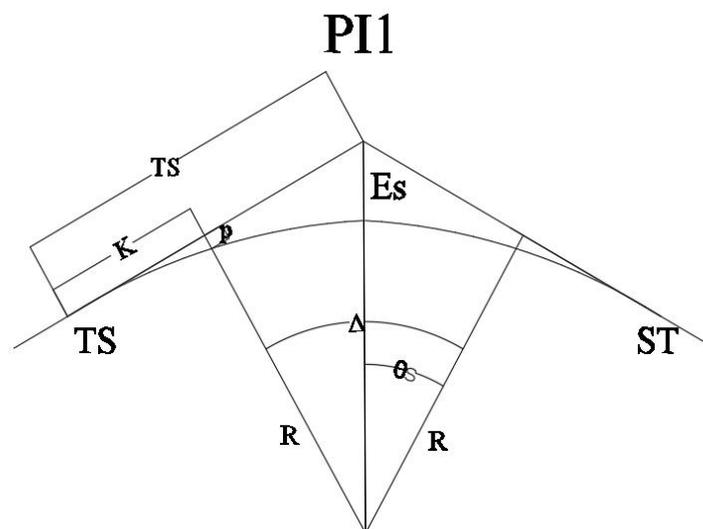
- a. $Lc < 25$, maka sebaiknya digunakan tikungan jenis S – S

- a. $P \frac{L_s^2}{24-R_c} < 0,25 \text{ m}$, maka digunakan tikungan jenis F – C

2.6.1 Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung horisontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS komponen tikungan SS dapat dilihat pada Gambar 2.

15



Gambar 2. 15 Tikungan *Spiral-Spiral*

Menurut Silvia Sukriman, 1999:134 lengkung horisontal berbentuk Spiral – Spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran sehingga titik SC berimpit dengan titik CS. Panjang busur lingkaran $L_c = 0$, dan $\theta_s = \frac{1}{2} \Delta$

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

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots 2. 38$$

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90^\circ} \dots\dots\dots 2. 39$$

$$L_c = 0 \dots\dots\dots 2. 40$$

$$T_s = (R + P) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots\dots\dots 2. 41$$

$$Es = (R + P) \cdot \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots\dots 2. 42$$

$$L = 2 \times Ls \dots\dots\dots 2. 43$$

$$K = k^* \times Ls \dots\dots\dots 2. 44$$

$$P = p^* \times Ls \dots\dots\dots 2. 45$$

Dimana :

Ls = Panjang lengkung peralihan (jarak TS – SC atau CS – ST), (m)

Lc = Panjang besar lingkaran (jarak SC – CS) (m)

Δ = Sudut tikungan ($^{\circ}$)

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

R = Jari–jari tikungan (m)

P = Pergeseran tangen terhadap *spiral* (m)

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

L = Panjang tikungan S – S (m)

Tabel 2. 28 Tabel p^* dan k^* , untuk $L_s = 1$

$qs(^*)$	p^*	k^*	$qs(^*)$	p^*	k^*	$qs(^*)$	p^*	k^*
0,5	0,0007272	0,4999987	14,0	0,0206655	0,4989901	27,5	0,0422830	0,4959406
1,0	0,0014546	0,4999949	14,5	0,0214263	0,4989155	28,0	0,0431365	0,4957834
1,5	0,0021820	0,4999886	15,0	0,0221896	0,4988381	28,5	0,0439946	0,4956227
2,0	0,0029098	0,4999797	15,5	0,0229553	0,4987580	29,0	0,0448572	0,4954585
2,5	0,0036378	0,4999683	16,0	0,0237236	0,4986750	29,5	0,0457245	0,4952908
3,0	0,0043663	0,4999543	16,5	0,0244945	0,4985892	30,0	0,0465966	0,4951196
3,5	0,0050953	0,4999377	17,0	0,0252681	0,4985005	30,5	0,0474735	0,4949448
4,0	0,0058249	0,4999187	17,5	0,0260445	0,4984090	31,0	0,0483550	0,4947665
4,5	0,0065551	0,4998970	18,0	0,0268238	0,4983146	31,5	0,0492422	0,4945845
5,0	0,0072860	0,4998728	18,5	0,0276060	0,4982172	32,0	0,0501340	0,4943988
5,5	0,0080178	0,4998461	19,0	0,0283913	0,4981170	32,5	0,0510310	0,4942094
6,5	0,0094843	0,4998167	19,5	0,0291797	0,4980137	33,0	0,0519333	0,4940163
6,5	0,0102191	0,4997848	20,0	0,0299713	0,4979075	33,5	0,0528408	0,4938194
7,0	0,0109550	0,4997503	20,5	0,0307662	0,4977983	34,0	0,0537536	0,4936187
7,5	0,0116922	0,4997132	21,0	0,0315644	0,4976861	34,5	0,0546719	0,4934141
8,0	0,0123407	0,4997350	21,5	0,0323661	0,4975708	35,0	0,05559557	0,4932057
8,5	0,0131706	0,4993120	22,0	0,0331713	0,4974525	35,5	0,0562500	0,4929933
9,0	0,0139121	0,4995862	22,5	0,0339801	0,4973311	36,0	0,0574601	0,4927769
9,5	0,0146551	0,4995387	23,0	0,0347926	0,4972065	36,5	0,0584008	0,4925566
10,0	0,0153997	0,4994884	23,5	0,0356088	0,490788	37,0	0,0593473	0,4923322
10,5	0,0161461	0,4994356	24,0	0,0364288	0,496979	37,5	0,0602997	0,4921037
11,0	0,0161461	0,4993800	24,5	0,0372528	0,4968139	38,0	0,0612581	0,4918711
11,5	0,0168943	0,4993218	25,0	0,0380807	0,4966766	38,5	0,0622224	0,4916343
12,0	0,0176444	0,4992609	25,5	0,0389128	0,495360	39,0	0,0631929	0,4913933
12,5	0,0183965	0,4991973	26,0	0,0397489	0,4963922	39,5	0,0641694	0,4911480
13,0	0,0191507	0,4991310	26,5	0,0405893	0,4962450	40,0	0,0651522	0,4908985
13,5	0,0199070	0,4990619	27,0	0,0414340	0,4960945			

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Tabel 2. 29 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan
Superelevasi yang dibutuhkan

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 = 12,79							
14.000	102	0.093	45								
15.000	96	0.096	45								
16.000	90	0.097	45								
17.000	84	0.099	45								
18.000	80	0.099	45								
19.000	75	Dmaks = 18,8									

(Su

mber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Tabel 2. 30 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 = 12,79							
14.000	102	0.093	45								
15.000	96	0.096	45								
16.000	90	0.097	45								
17.000	84	0.099	45								
18.000	80	0.099	45								
19.000	75	Dmaks = 18,8									

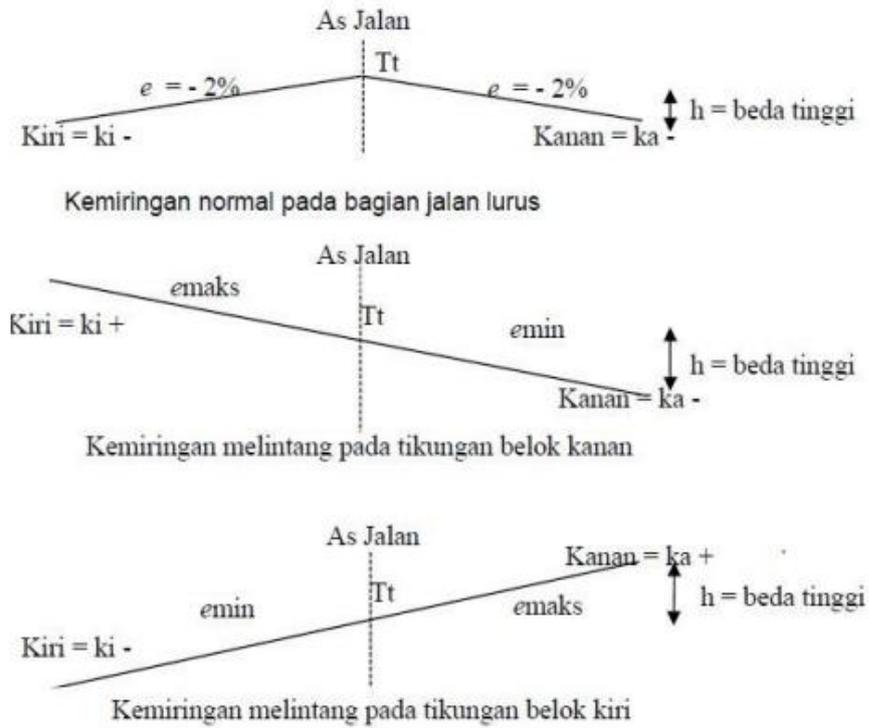
(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.6.1 Diagram Superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan melintang jalan pada daerah tikungan. Untuk bagian jalan lurus, jalan mempunyai kemiringan melintang yang biasa disebut lereng normal atau *normal trawn* yaitu diambil minimum 2% baik sebelah kiri maupun sebelah kanan as jalan. Hal ini di pergunakan untuk sistem drainase aktif. Harga elevasi (e) yang menyebabkan kenaikan elevasi terhadap sumbu jalan diberi tanda (+) dan yang menyebabkan penurunan elevasi terhadap jalan diberi tanda (-).

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

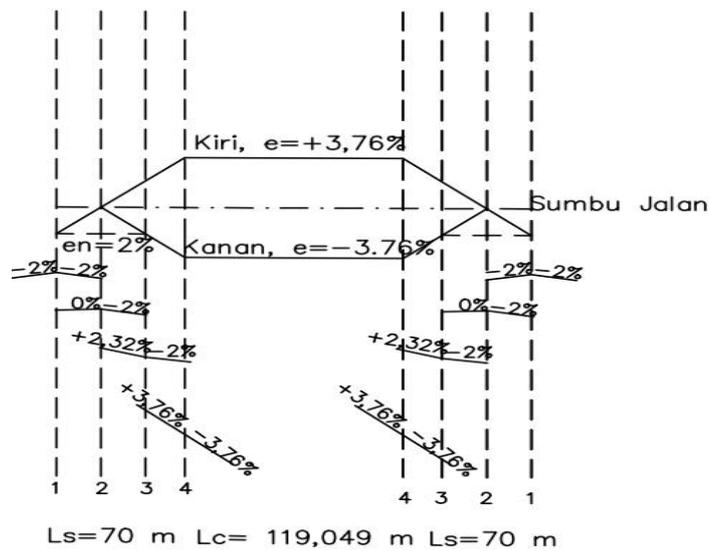
- a. Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- b. Pada tikungan *spiral-circle-spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).
- 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 (LN), atau bahkan tetap lereng normal (LN).



Gambar 2. 16 Superelevasi

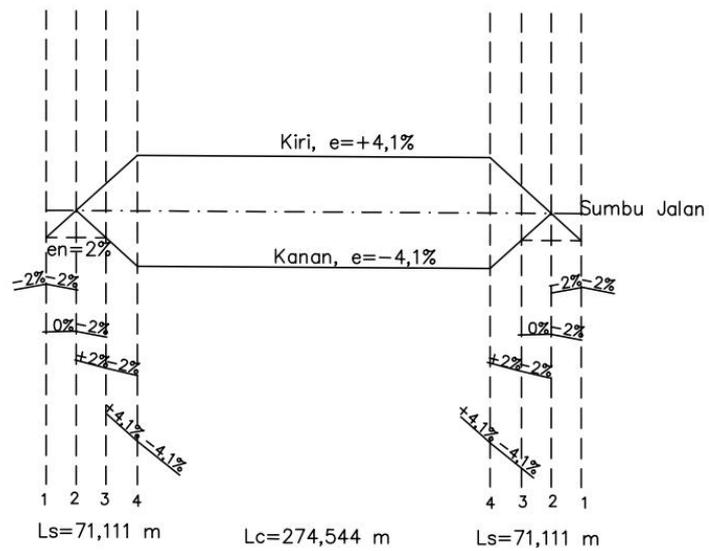
Berikut ini merupakan contoh diagram elevasi untuk tiap-tiap jenis tikungan :

1. Diagram Superelevasi *Full Circle*



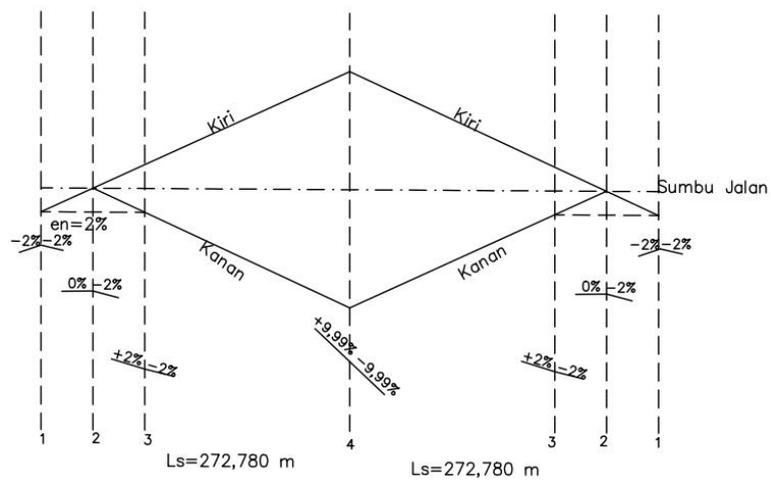
Gambar 2. 17 Diagram Pencapaian Superelevasi

1. Diagram Superelevasi *Spiral – Circle – Spiral*



Gambar 2. 18 Diagram Pencapaian Superelevasi

2. Diagram Superelevasi *Spiral – Spiral*



Gambar 2. 19 Diagram Pencapaian Superelevasi

2.6.1 Landai Relatif

Pada jalan yang lurus kendaraan bergerak tanpa membutuhkan kemiringan melintang jalan (e). namun agar air hujan yang jatuh menimpa perkerasan jalan dapat mengalir ke samping dan masuk ke saluran tepi dengan cepat, maka dibuatkan kemiringan jalan yang disebut dengan kemiringan normal (en). Besarnya kemiringan normal jalan sangat tergantung kepada jenis lapis permukaan jalan yang dipergunakan. Semakin kedap air pada permukaan jalan tersebut maka kemiringan melintang jalan semakin dibuat landai sebaliknya, jenis lapis permukaan jalan yang mudah dirembesi oleh air harus mempunyai kemiringan melintang jalan yang cukup besar sehingga kerusakan konstruksi perkerasan jalan dapat dihindari. Besar kemiringan melintang normal berkisar antara 2 – 4 %.

Proses kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relatif (Shirley L. Hendarsin, 2000 : 103) Landai relatif (L/m) adalah besarnya kelandaian akibat perbedaan elevasi tepi perkerasan sebelah luar sepanjang lengkung peralihan. Perbedaan elevasi didasarkan pada tinjauan perubahan bentuk penampang melintang jalan, belum merupakan gabungan dari perbedaan elevasi akibat kelandaian vertikal jalan. Rumus yang digunakan untuk menghitung landai relatif. Berdasarkan Metode Bina Marga :

$$\frac{1}{m} = \frac{(ep+en)B}{Ls} \dots\dots\dots 2. 46$$

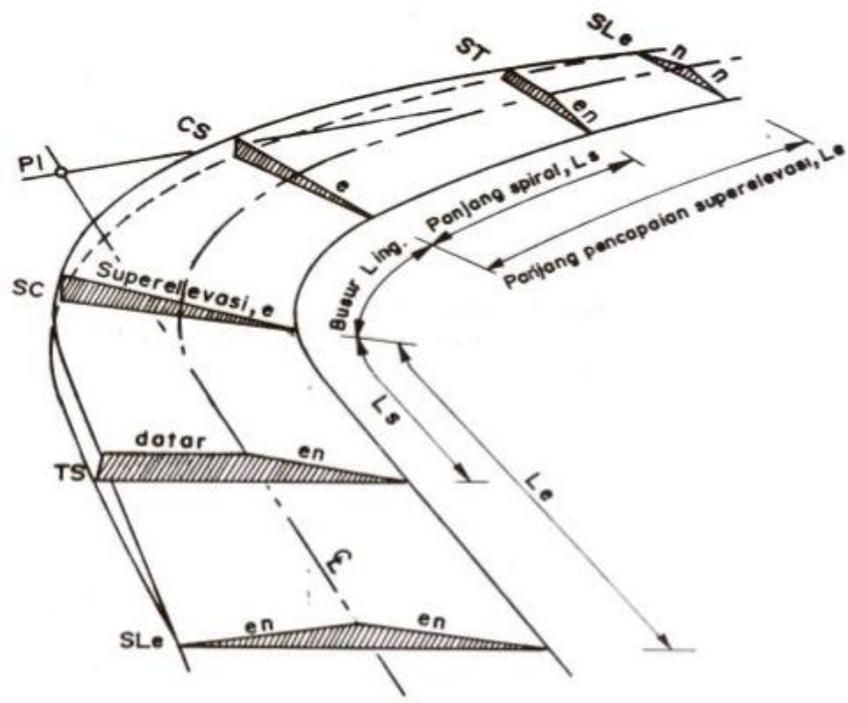
Dimana :

- Ls = panjang lengkung peralihan (m)
- B = lebar lajur 1 arah (m)
- ep = superelevasi (m/m')
- en = kemiringan melintang normal (m/m')

Tabel 2. 31 Landai Relatif Maksimum

Kecepatan Rencana (km/jam)	Kelandaian Relatif Maksimum
	Bina Marga Luar Kota
20	1/50
30	1/75
40	1/100
50	1/115
60	1/125
80	1/150
100	-

(Sumber : Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan)

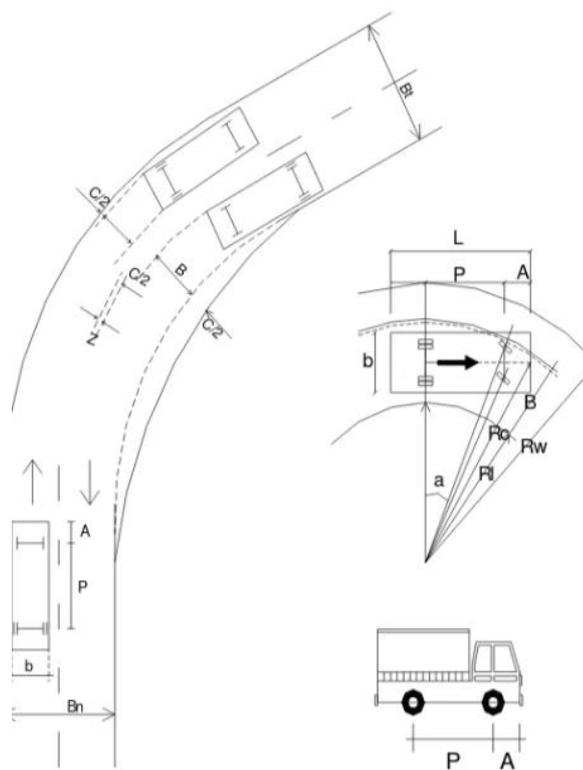


Gambar 2. 20 Perubahan Kemiringan Melintang Jalan

2.6.1 Pelebaran Perkerasan Jalan Tikungan

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan seringkali tidak mempertahankan lintasannya pada lajur yang telah disediakan. Hal tersebut disebabkan oleh :

1. Pada waktu membelok yang diberikan sudut belokan hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang menjalani lintasan lebih kedalam dari roda depan.
2. Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berhimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan mempunyai lintasan yang berbeda antara roda depan dan belakang.
3. Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya untuk tetap pada lajur jalannya, terutama pada tikungantikungan yang tajam atau pada kecepatan yang tinggi. Untuk menghindari hal di atas, maka pada tikungan yang tajam perlu diadakan pelebaran jalan.



Gambar 2. 21 Pelebaran Perkerasan pada Tikungan

Rumus yang digunakan untuk menghitung pelebaran perkerasan pada tikungan menurut Silvia Sukirman (1999) adalah sebagai berikut :

$$R_w = \sqrt{\left\{ \sqrt{Rc^2 - (p - A)^2 + \frac{1}{2}b} \right\}^2 + (P + A)^2} \dots\dots\dots 2. 47$$

$$B = \sqrt{\left\{ Rc^2 - (p - A)^2 + \frac{1}{2}b \right\}^2 + (P + A)^2} \dots\dots\dots 2. 48$$

Sehingga :

$$B = \sqrt{\left\{ \sqrt{Rc^2 - 64 + 1,25} \right\}^2 + 64 - \sqrt{Rc^2 - 64 + 1,25}} \dots\dots\dots 2. 49$$

Dimana :

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

Rc = Radius lengkung untuk lintasan roda depan.

Rc = radius lajur sebelah dalam $-\frac{1}{2}$ lebar perkerasan $+\frac{1}{2}$ b

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

$$Rc = R - \frac{1}{4}Bn + \frac{1}{2}b \dots\dots\dots 2. 50$$

Dimana :

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

Bn = Lebar total perkerasan pada abgian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

$$Bt = n(B + C) + \dots\dots\dots 2. 51$$

$$Z = 0,0015 \frac{v}{\sqrt{R}} (m) \dots\dots\dots 2. 52$$

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 :

$$\Delta b = Bt - Bn \dots\dots\dots 2. 53$$

Dimana :

- Δb = Tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)
 Bn = Lebar total perkerasan pada abgian lurus (m)
 V = Kecepatan rencana (km/jam)
 R = Jari – jari tikungan

Tabel 2. 32 Pelebaran di Tikungan Per Lajur (m)

R(m)	Kecepatan Rencana Vd (km/jam)
------	-------------------------------

	50	60	70	80	90	1100	110
1500	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1000	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
750	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
500	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	0.1
400	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	
300	0.9	1.0	1.0	1.1			
250	1.0	1.1	1.1	1.2			
200	1.2	1.3	1.3	1.4			
150	1.3	1.4					
140	1.3	1.4					
130	1.3	1.4					
120	1.3	1.4					
110	1.3						
100	1.4						
90	1.4						
80	1.6						
70	1.7						

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antara Kota No. 038/TBM/1997)

2.6.1 Kebebasan Samping pada Tikungan

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

1. Jika $J_h < L_t$



Gambar 2. 22 Daerah Bebas Samping Ditikungan Untuk $J_h < L_t$

$$E = R * \left(1 - \frac{\cos 90jh}{\pi.R} \dots \dots \dots \right) 2. 54$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari – jari tikungan (m)

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

Jh = Jarak pandang henti (m)

1. Jika $J_h > L_t$



Gambar 2. 23 Daerah Bebas Samping Tikungan Untuk $J_h > L_t$

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

$$E = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (Jd - L) \sin \theta \dots\dots\dots 2. 55$$

Dimana :

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

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

R = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

Jd = Jarak pandangan (m)

L = Panjang tikungan (m)

2.6.1 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, 1999:181).

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

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

2.1 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profit ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan

bermuatan penuh (untuk itu digunakan sebagai kendaraan standar), biasanya juga disebut dengan profil/penampang memanjang jalan (Saodang Hamirhan,2004).

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 diusahakan banyaknya pekerjaan galian seimbang dengan pekerjaan timbunan, sehingga secara keseluruhan biaya yang dibutuhkan tetap dapat dipertanggung jawabkan.

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 sama dengan 0 (datar).

2.7.1 Landai Maksimum

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997 :

- a. Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti.
- b. 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.
- c. Kelandaian maksimum untuk berbagai Vr.

Tabel 2. 33 Kelandaian Maksimum yang Diizinkan

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.7.1 Panjang Landai Kritis

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh V_r . Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2. 34 Panjang Kritis

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 : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.7.2 Lengkung Vertikal

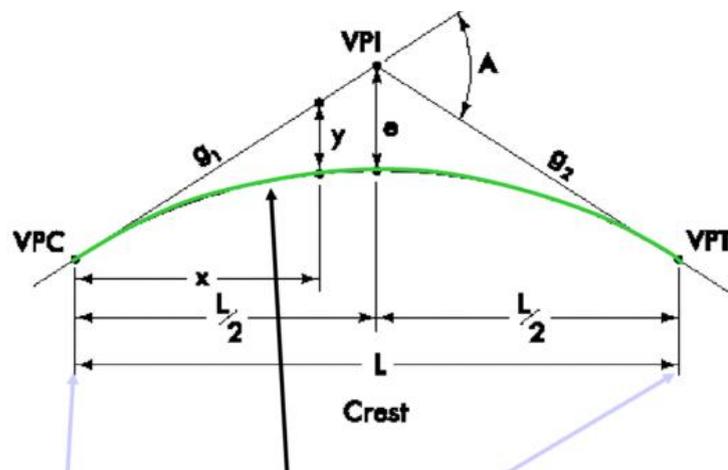
Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkungan vertikal yang harus memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik. Adapun lengkung vertical yang digunakan adalah lengkung parabola sederhana (Sukirman,1999).

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 2.35

Tabel 2. 35 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 : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 2. 24 Lengkung Vertikal

Adapun rumus yang dipergunakan untuk lengkung vertikal adalah sebagai berikut:

$$A = g_1 \pm g_2 \dots \dots \dots 2. 56$$

$$y' = \left[\frac{g_2 - g_1}{200.Lv} \right] \cdot x^2 \dots \dots \dots 2. 57$$

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

$$Ev = \frac{(g_2 - g_1)Lv}{800} \dots \dots \dots 2. 58$$

Dimana :

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

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

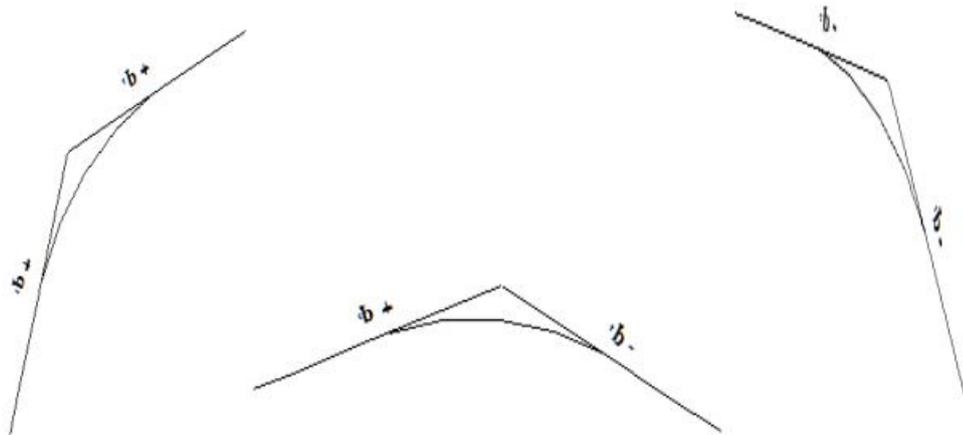
g_1, g_2 = Besar kelandaian (kenaikan/penurunan), (%)

Lv = Panjang lengkung vertikal (m)

Lengkung vertikal dibagi menjadi dua macam, yaitu sebagai berikut :

a. Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung vertical cembung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan. Untuk gambar lengkung vertical cekung dapat dilihat pada gambar 2.25 dibawah ini :

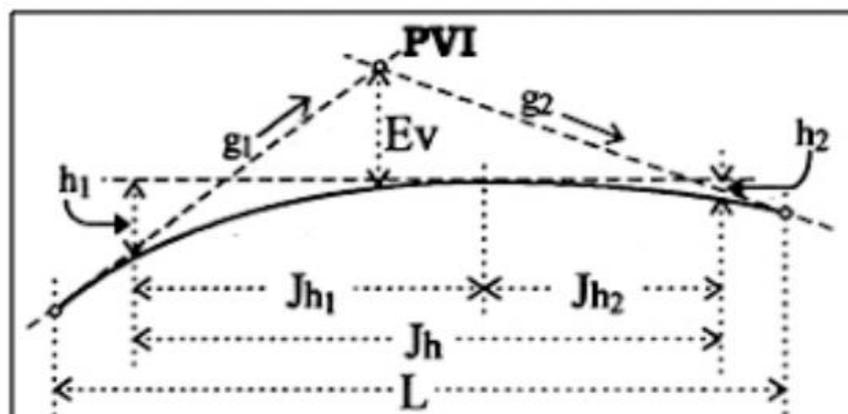


Gambar 2. 25 Alinyemen Vertikal Cembung

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

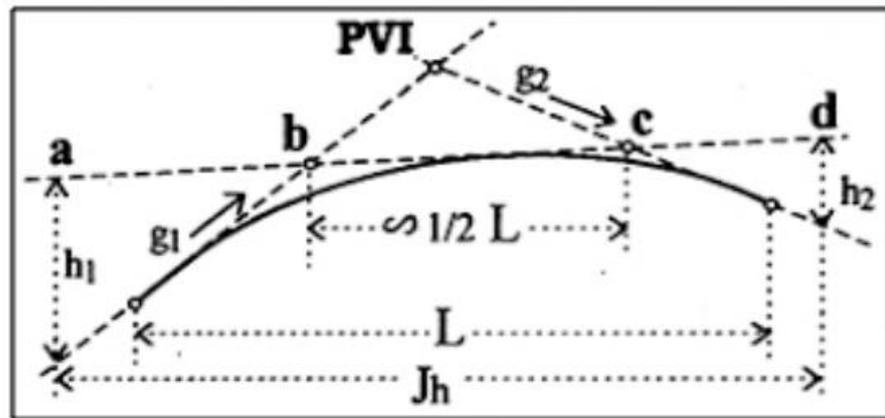
a. Panjang L_v berdasarkan J_h (dalam meter)

$$J_h < L_v, \text{ maka } L_v = \frac{A_j h^2}{399} \dots \dots \dots 2. 59$$



Gambar 2. 26 Panjang L_v untuk $J_h < L_v$

$$J_h > L_v, \text{ maka } L_v = 2jh - \frac{399}{A} \dots\dots\dots 2. 60$$



Gambar 2. 27 Panjang L_v untuk $J_h > L_v$

- a. Panjang L_v berdasarkan J_d (dalam meter)

$$J_d < L_v, \text{ maka } L_v = \frac{A j d^2}{840} \dots\dots\dots 2. 61$$

$$J_d > L_v, \text{ maka } L_v = 2 j d - \frac{840}{A} \dots\dots\dots 2. 62$$

Dimana :

J_h = Jarak pandang henti (m)

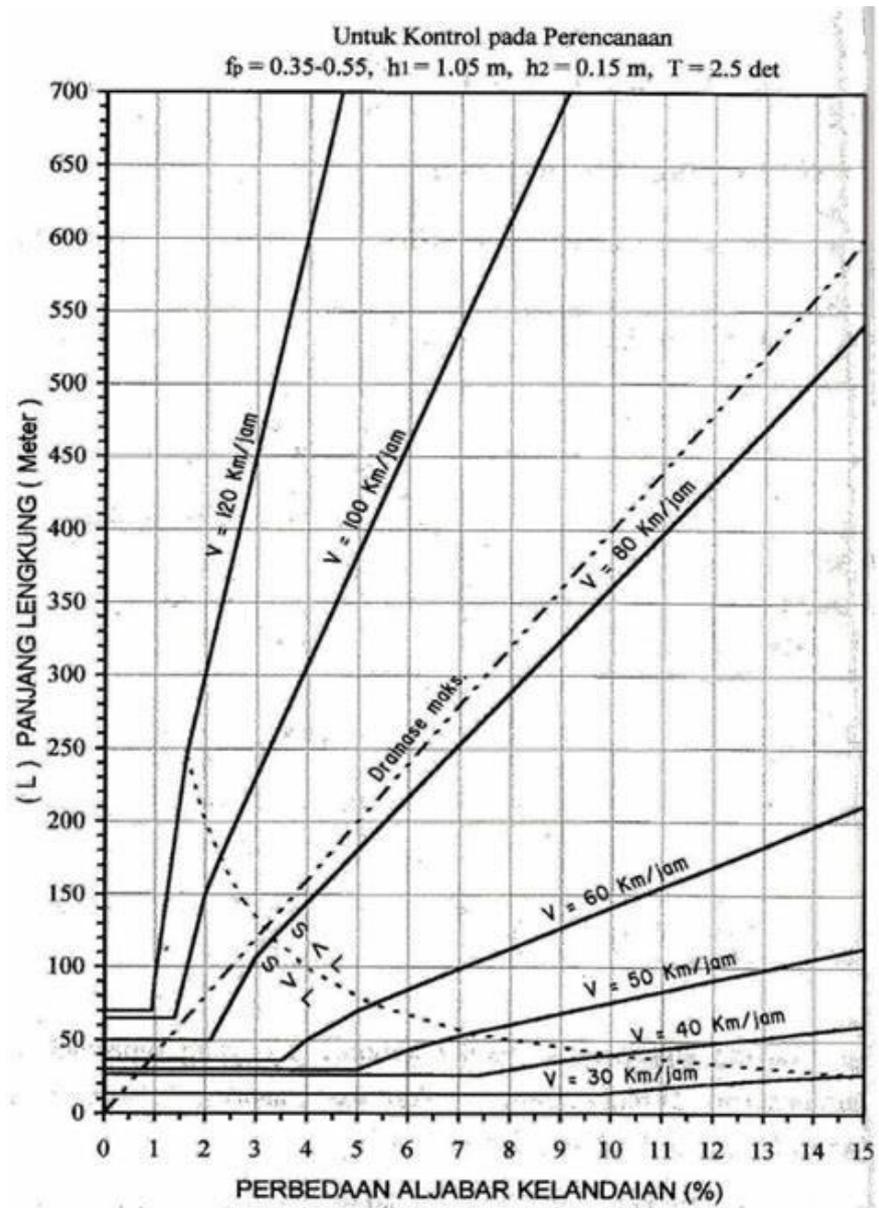
J_d = Jarak pandang mendahului/menyiap (m)

g_1, g_2 = Kemiringan/tangen (%)

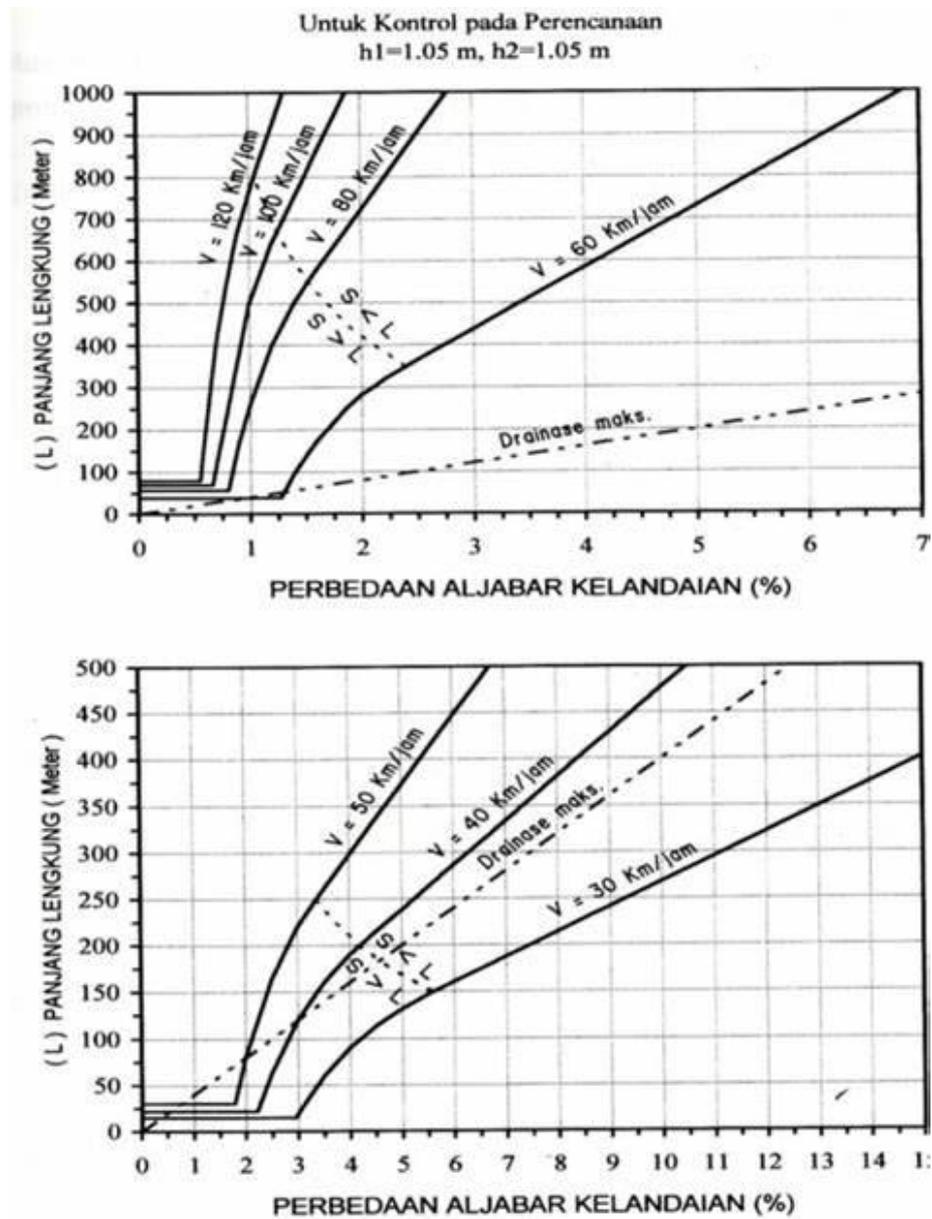
L_v = Panjang Lengkung (m)

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

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



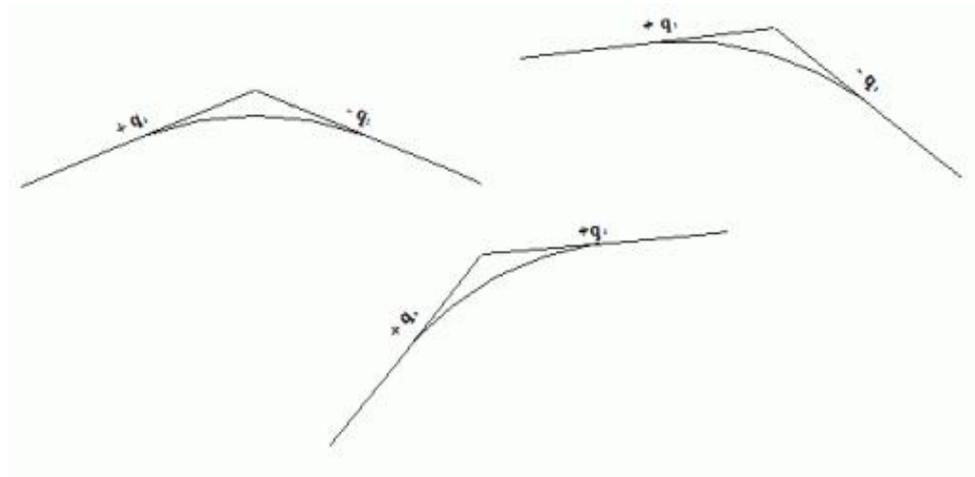
Gambar 2. 28 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)



Gambar 2. 29 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Panjang Mendahului (Jd)

a. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan. Untuk gambar lengkung vertikal cekung dapat dilihat pada gambar 2.30 dibawah ini :



Gambar 2. 30 Alinyemen Vertikal Cekung

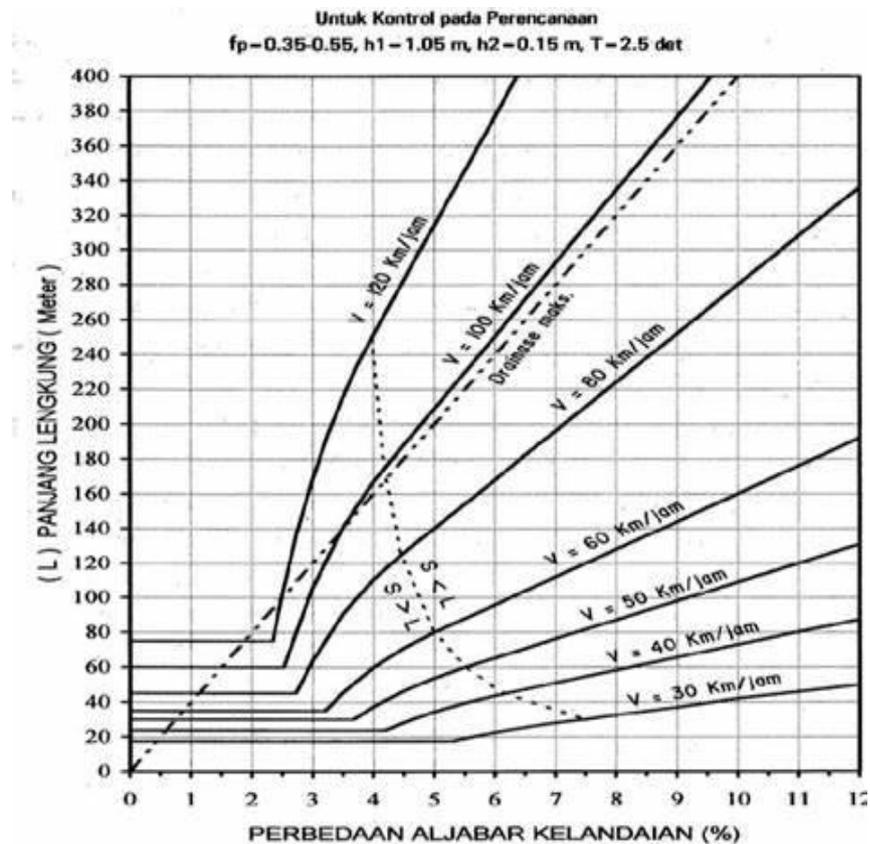
Dalam menentukan panjang lengkung vertikal cekung, harus memperhatikan antara lain :

- Jarak penyinaran lampu kendaraan.
- Jarak pandang bebas di bawah bangunan.
- Persyaratan drainase.
- Kenyamanan Pengemudi.
- Keluwesannya bentuk.

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandang pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam grafik pada Gambar 2. 31 . Rumus–rumus yang berlaku pada lengkung cekung vertikal adalah sebagai berikut :

$$Jh < Lv, \text{ maka } Lv = A \cdot \frac{Jh^2}{120+3,5Jh} \dots\dots\dots 2. 63$$

$$Jh > Lv, \text{ maka } Lv = 2Jh = \frac{120+3,5Jh}{A} \dots\dots\dots 2. 64$$



Gambar 2. 31 Grafik Pajang Lengkung Vertikal Cekung

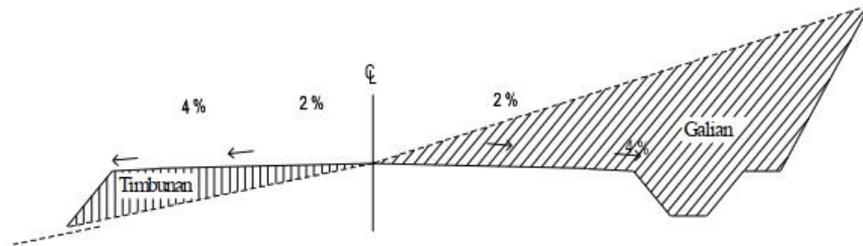
2.1 Perhitungan Timbunan dan Galian

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).
- b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- c. Gambar potongan melintang (*cross section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.

- a. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.



Gambar 2. 32 Contoh Galian dan Timbunan

Tabel 2. 36 Perhitungan Galian dan Timbunan

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

(Sumber : Hendra Suryadharna, 1999)

2.1 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah suatu bagian konstruksi jalan yang terletak diatas tanah dasar yang bertujuan untuk melewati lalu lintas dengan aman dan nyaman serta menerima dan meneruskan beban lalu lintas ke tanah dasar.

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* (dalam Hardiyatmo, 2015:2) 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 granular tak terikat dan tanah dasar.

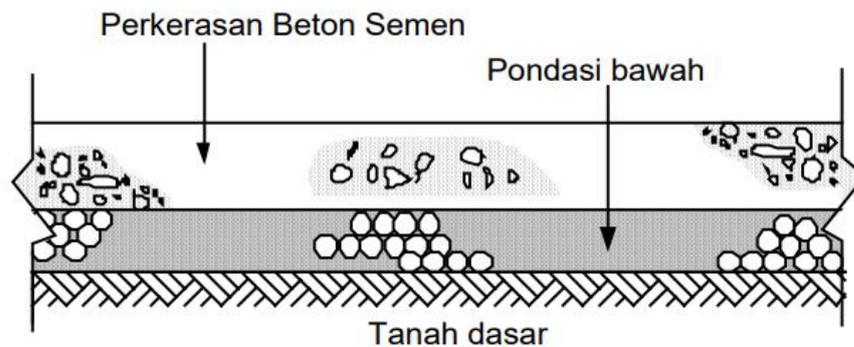
2.8.1 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

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

Bahan-bahan perkerasan kaku terdiri dari material agregat kasar (batu pecah) + pasir + semen + air dan additive atau tulangan jika diperlukan. Jenis perkerasan ini jauh lebih baik dibandingkan dengan perkerasan lentur, namun dari segi biaya perkerasan ini tergolong mahal.

Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) biasanya terdiri dari plat beton semen (*slab*) yang dibangun langsung atau dengan perantara lapis pondasi diatas tanah dasar yang dipadatkan. Pada perkerasan kaku ini kekuatan memikul beban lebih tergantung pada kekuatan slab dalam menanggung momen

lentur. Hal ini disebabkan kekuatan dan besarnya modulus elastisitas slab yang mengakibatkan penyebaran beban tanah dasar yang luas.



Gambar 2. 33 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 (2005:118) tiga faktor desain untuk perancangan perkerasan kaku yang sangat penting adalah :

- a. Kekuatan tanah dasar (*subgrade*) dan lapisan pondasi bawah (*sub-base*) yang di indikasikan lewat parameter k (*sub-base reaction*) atau CBR.
- b. Modulus keruntuhan lentur beton (*flexural strenght – fcf*).
- c. Beban lalu lintas.

Menurut *National Association of Australian State Road Authorities* (NAASRA) dalam Shirley L. Hendarsin (2000:236), 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)..

- a. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan (BMDT)
- b. Perkerasan beton semen dengan tulangan serat baja (*fiber*).
- c. Perkerasan beton semen pra-tekan.

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000:236) 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.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan pada perkerasan beton semen adalah kadar air pematatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan. Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai berikut:

- a. Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar.
- b. Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi pelat.
- c. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.
- d. 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 pemeliharaan kecil, namun bila terjadi kerusakan biaya pemeliharaan lebih tinggi.

2.8.1 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

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

- a. Tanah Dasar

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

- b. Pondasi bawah

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

1. Bahan berbutir

Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3% - 5%.

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

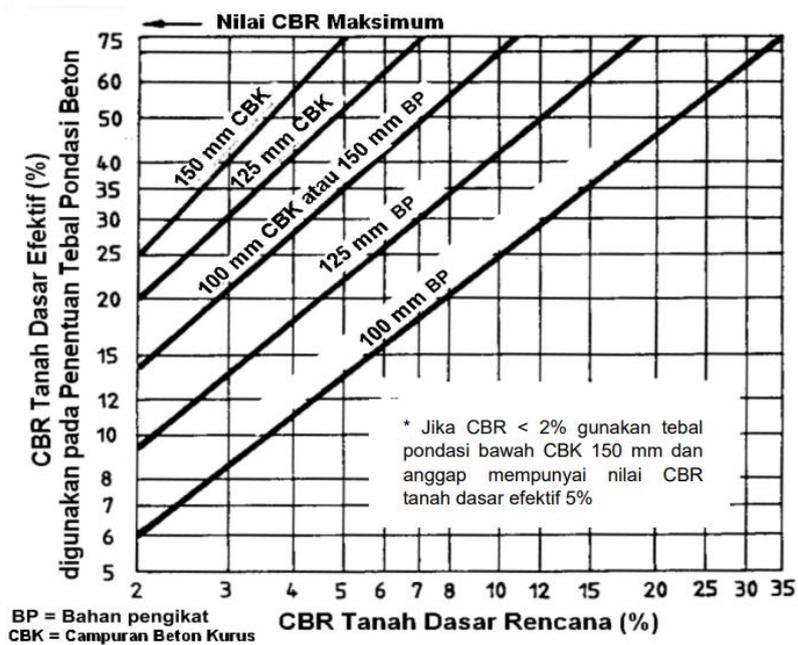
- Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau slag yang dihaluskan.
- Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*)
- Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm²)

3. Campuran Beton Kurus (*Lean Mix Concrete*)

Pondasi dengan campuran beton kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm²) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. 34 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Perkerasan Kaku Terhadap Repetisi Sumbu



Gambar 2. 35 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa (30-50 kg/cm²). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai

kuat tarik lentur 5–5,5 MPa (50-55 kg/cm²). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm²) terdekat. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut:

$F_{cf} = K (f_c')^{0.50}$ dalam Mpa.....2. 65

$F_{cf} = 3,13 K (f_c')^{0.50}$ dalam Mpa.....2. 66

Dimana:

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

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

K = konstanta 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75
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 S04-1989-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.

2.8.1 Lalu – lintas Rencana

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. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton.

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- Sumbu tandem roda ganda (SGRG)
- 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 lalulintas rencana didapatkan dengan mengakumulasikan jumlah beban sumbu untuk masing-masing jenis kelompok dalam rencana lajur selama umur rencana.

2.8.2 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomis jalan yang bersangkutan, 110 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.

2.8.1 Pertumbuhan Lalulintas

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

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots 2. 67$$

Dimana :

I = Laju pertumbuhan lalu lintas pertahun (%)

UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalulintas juga dapat ditentukan melalui Tabel 2. 37. berikut ini

Tabel 2. 37 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan Lalulintas (i) per tahun (%)					
	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, 20003)

2.8.2 Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari satu ruas jalan raya yang menampung lalulints kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai dengan Tabel 2. 38.

Tabel 2. 38 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
$11,25 \leq L_p$	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, 20003)

2.8.1 Perencanaan Tebal Pelat

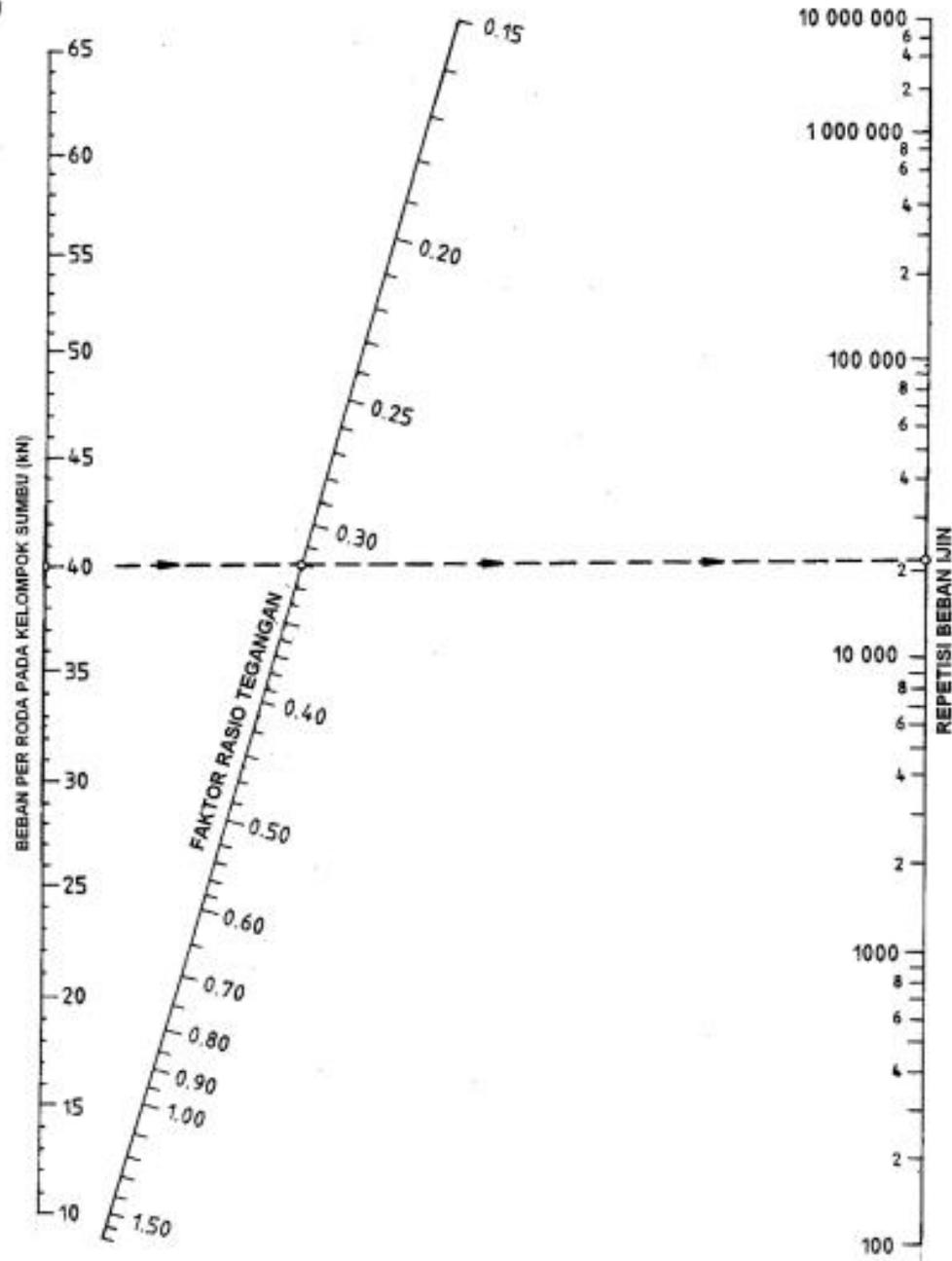
Setelah menghitung lalulintas rencana maka perhitungan tebal perkerasan dapat dilakukan, tebal minimum pelat untuk perkerasan kaku adalah 150 mm kecuali perkerasan kaku bersambung tanpa ruji (dowel), tebal minimum harus 200 mm. perencanaan tebal pelat didasarkan pada total fatigue pelat rencana mendekati atau sama dengan 100%.

Berdasarkan metode bina marga 2003 langkah-langkah dalam perencanaan tebal perkerasan kaku adalah sebagai berikut :

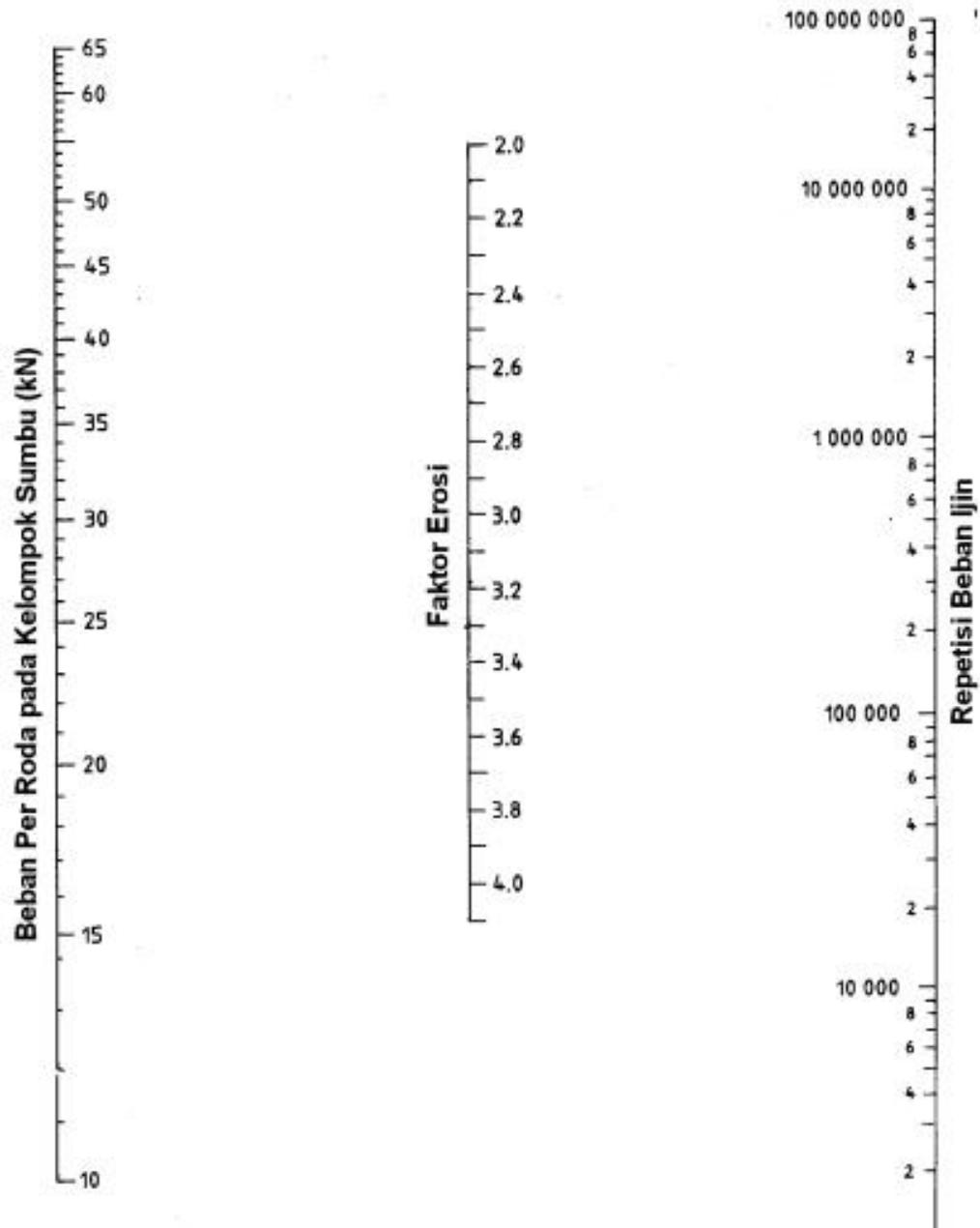
1. Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji atau menerus dengan tulangan.
2. Tentukan apakah akan menggunakan bahu beton atau bukan.
3. Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkiraan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana sesuai dengan Gambar 2.34
4. Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang sesuai dengan Gambar 2.35
5. Pilih kuat tarik lentur atau kuat beton pada umur 28 hari (f'_{cf}).
6. Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (FKB).

1. Taksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman atau menggunakan contoh yang tersedia).
2. Tentukan tegangan ekivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT dari Tabel 2.
3. Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekivalen (TE) oleh kuat tarik lentur (f'_{cf}).
4. 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 pada Gambar 2.36 sampai Gambar 2.38
5. Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Gambar 2.36, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
6. Hitung persentase dari repetisi datik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
7. Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari Gambar 2.37 dan Gambar 2.38.
8. Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
9. Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Gambar 2.36 dan Gambar 2.37 atau Gambar 2.38 yang masing – masing mencapai 10 juta dan 100 juga repetisi.
10. Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
11. Ulangi langkah 8 sampai dengan langkah 16 untuk setiap kelompok sumbu lainnya.
12. Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.

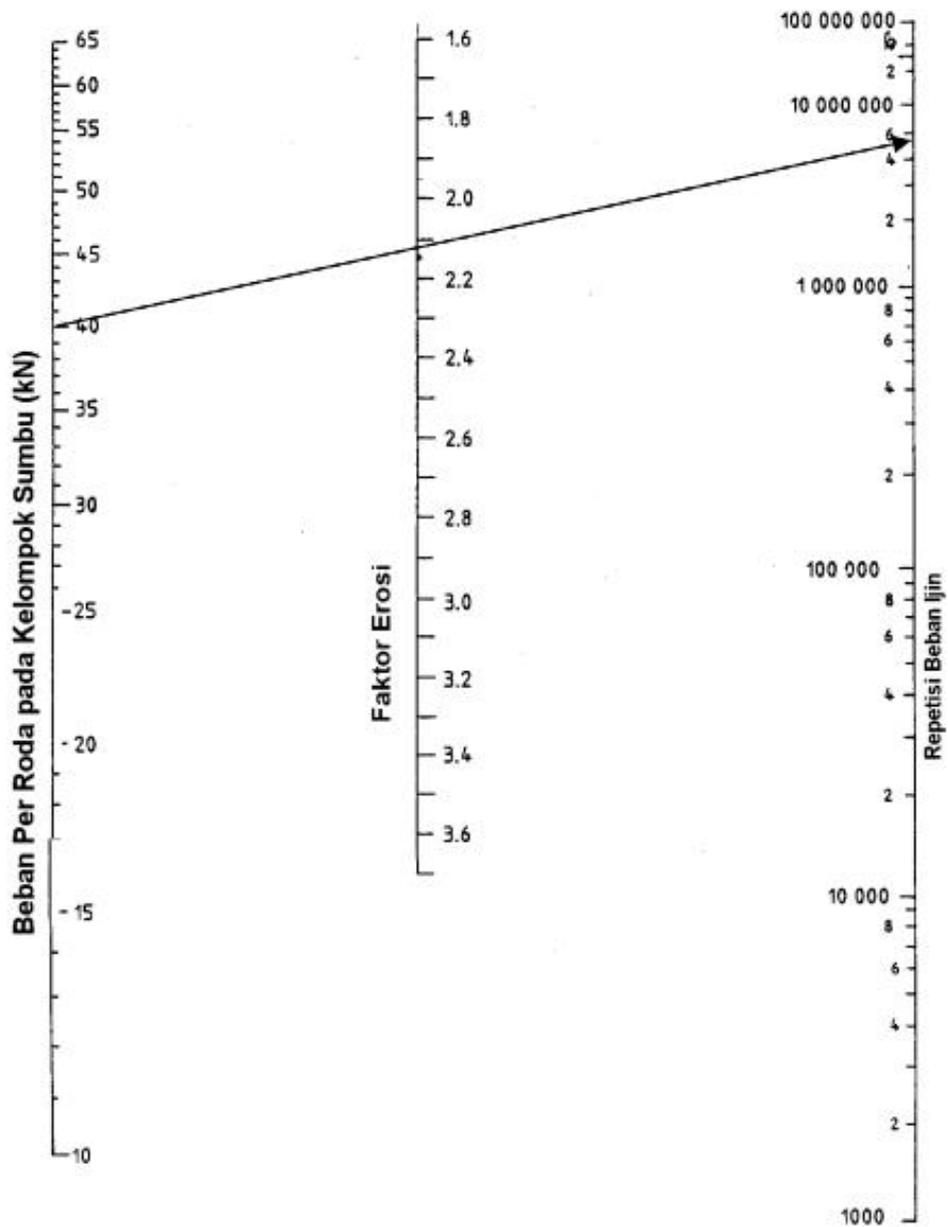
1. Ulangi langkah 7 sampai dengan 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi $\leq 100\%$. Tebal tersebut tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.



Gambar 2. 36 Analisi Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, dengan / Tanpa Bahu Beton



Gambar 2. 37 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin, Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton



Gambar 2. 38 Analisis Erosi dan Jumlah Repetisi Beban Ijin, Berdasarkan Faktor Erosi, dengan Bahu Beton

2.8.1 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 tetap dapat dipertahankan.
- b. Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.
- c. Mengurangi biaya pemeliharaan.

1. 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.

2. Penulangan pada Perkerasan Bersambung dengan Tulangan

Luas tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu x L x M x g x h}{2 x f_s l} \dots\dots\dots 2. 68$$

Dimana :

μ = Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya (Tabel 2.57)

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.

1. 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 dipasangan di atas tulangan arah melintang.

Tabel 2. 39 Koefisien Gesekan antara Pelat Beton Semen dengan

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan
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, 2000)

2.8.1 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. Sedangkan *tie bar* atau

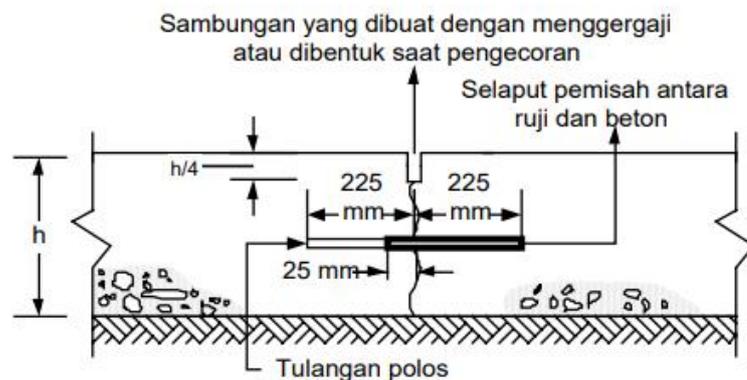
batang pengikat merupakan potongan baja yang diprofilkan yang dipasang pada sambungan lidah alur dengan maksud untuk mengikat pelat agar tidak bergerak horizontal. Pada dasarnya terdapat tiga jenis sambungan yang digunakan dalam konstruksi perkerasan beton bersambung, yaitu

:

a. Sambungan Susut

Sambungan ini dibuat dalam arah melintang, pada jarak yang sama dengan panjang pelat yang telah ditentukan. Sambungan ini diperlukan untuk mengendalikan tegangan lenting dan retakan pada beton yang baru dihampar, yang diakibatkan oleh perubahan tempertaur dan kelembapan u. pelat hingga batas tertentu. Agar retakan susut dapat terjadi pada sambungan susut, maka kedalaman tarikam dibuat sama dengan $\frac{1}{4}$ tebal pelat.

Pada sambungan yang dibuat dengan memasang pengisi yang sudah dibentuk seperti self expanding cork. Bahan ini berfungsi sebagai bahan pengisi sekaligus sebagai bahan penutup sambungan. Sedangkan pada sambungan yang digergaji, dapat dilakukan setelah beton cukup keras. Waktu penggergajian dapat dilakukan antara 8 hingga 20 jam setelah pengecoran. Lebar penggergajian tidak kurang dari 3 mm dan tidak lebih dari 5 mm. Setiap sambungan susut harus dipasang ruji (dowel) yang berfungsi sebagai penyalur beban.



Gambar 2. 39 Sambungan Susut Melintang dengan Dowel

Tabel 2. 40 Ukuran dan jarak batang dowel (ruji) yang disarankan

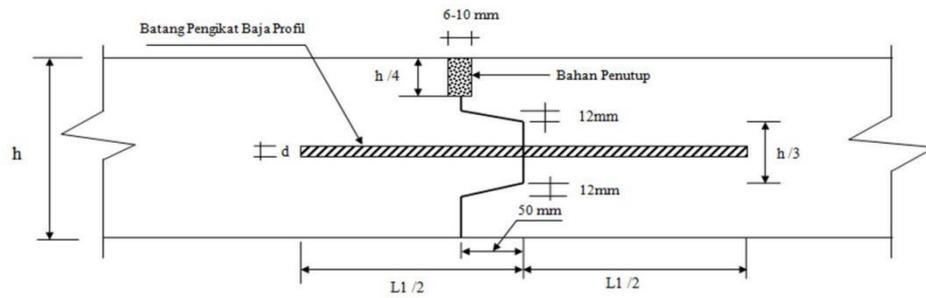
Tebal Pelat Perkerasan		Diameter		Dowel Panjang		Jarak	
Inchi	Mm	Inchi	Mm	Inchi	Mm	Inchi	Mm
6	150	$\frac{3}{4}$	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	$1\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300
10	250	$1\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300
11	275	$1\frac{1}{4}$	32	18	450	12	300
12	300	$1\frac{1}{4}$	38	18	450	12	300
13	325	$1\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300
14	350	$1\frac{1}{2}$	38	18	450	12	300

(Sumber : *Principles of Pavement Design by Yoder & Witczak, 1975*)

a. Sambungan Pelaksanaan

Sambungan pelaksanaan ditempatkan pada perbatasan antar akhir pengecoran dengan awal pengecoran berikutnya, untuk memisahkan bagian-bagian yang dicor disaat yang berbeda. Sambungan pelaksanaan dalam arah memanjang dipasang diantara jalur-jalur perkerasan yang berbatasan. Sambungan dapat dibuat dengan cara menggergaji permukaan (membentuk takikan) yang kemudian diisi dengan bahan penutup sambungan (*preformed joint sealer*).

Sambungan pelaksanaan memanjang dengan bentuk lidah dari alur harus dilengkapi dengan batang pengikat (*tie bar*) yang diprofilkan serta dibuat dari baja U24 dan dengan \varnothing 16 mm, panjang 800 mm dan jarak 750 mm, sedangkan untuk sambungan pelaksanaan melintang harus dilengkapi dengan ruji (*dowel*).

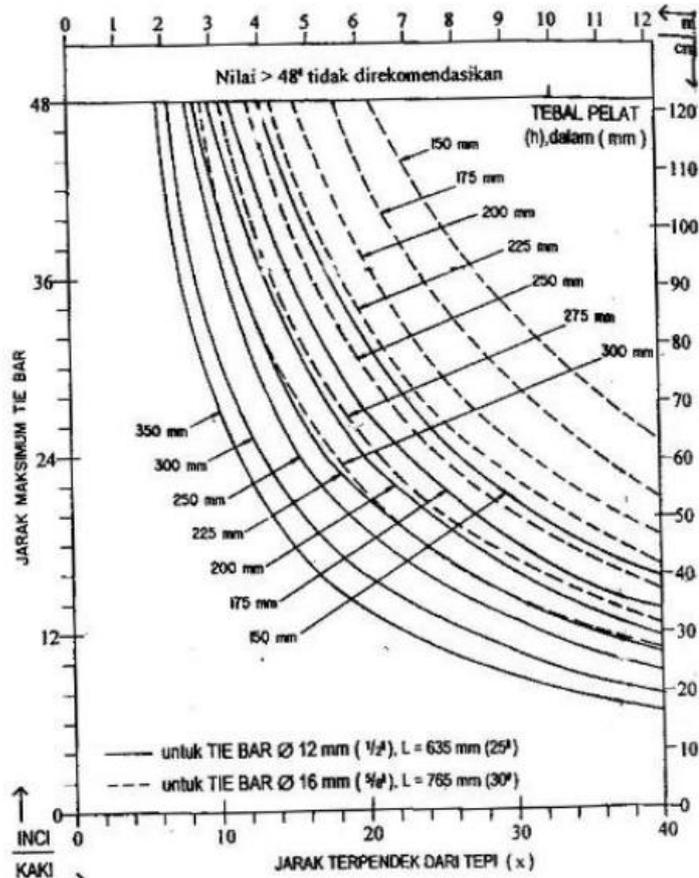


Gambar 2. 40 Sambungan Pelaksanaan Memanjang dengan Lidah Alur dan Tie Bar

Tabel 2. 41 Ukuran dan jarak batang tie bar yang disarankan

Tebal Pelat (cm)	Diameter <i>Tie Bar</i> (mm)	Panjang <i>Tie Bar</i> (mm)	Jarak antar <i>Tie Bar</i> (cm)
12,5	12	600	75
15,0	12	600	75
17,5	12	600	75
20,0	12	600	75
22,5	12	750	90
25,0	12	750	90

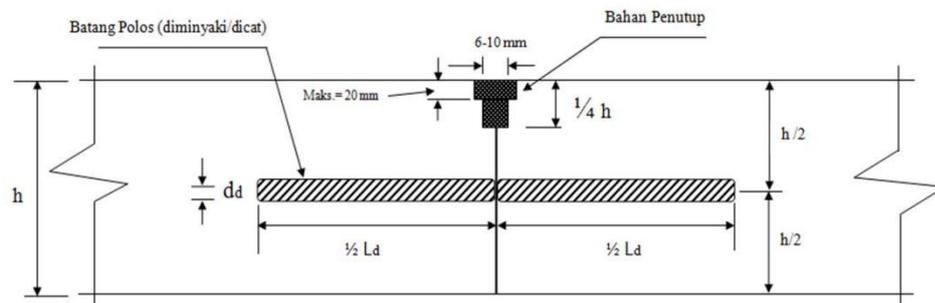
(Sumber : Bina Marga)



Gambar 2. 41 Jarak Tie Bar Maksimum Menurut AASTHO (1986)

a. Sambungan Muai

Sambungan muai bertujuan untuk membebaskan tegangan pada perkerasan beton. Sambungan ini terdapat pada pertemuan jalan baru dengan perkerasan lama pada persimpangan jalan. Sambungan muai dibuat dari bahan yang sudah dibentuk dan tidak merusak serta dapat mengikuti perubahan bentuk akibat tekanan. Bahan ini dipasang pada seluruh permukaan sambungan beton dan dipasangkan hanya setelah salah satu bidang sambungan mengeras. Untuk sambungan muai yang memisahkan dua bidang beton yang berdekatan, maka harus dipasang ruji (dowel) sebagai penyalur beban.



Gambar 2. 42 Sambungan Muai dengan Dowel

2.8.1 Prosedur Perencanaan

Prosedur perencanaan perkerasan beton semen secara estimatis diperoleh dua model berbagai kerusakan :

1. Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat.
2. Terjadinya erosi yang terdapat di bagian pondasi bawah atau tanah dasar bisa disebabkan lendutan yang terjadi hingga berulang – ulang ataupun air hujan yang memiliki tingkat asam yang tinggi yang berada diatas tanah sedikit berlempung.

Cara ini bisa mempertimbangkan bawah perlukan ruji pada sambungan dan bahu beton. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan maka bisa disebut sebagai perkerasan bersambung yang telah dipasang dengan ruji. Data lalu lintas yang diperlukan adalah jenis sumbu kendaraan dan pendistribusi beban serta jumlah repetisi masing-masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana.

2.1 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 87 kenyamanan pemakai jalan. Menurut Shirley L. Hendarsin (2000:309) bangunan pelengkap jalan dapat dikelompokkan sebagai berikut :

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

2.10.1 Bangunan Drainase

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 ke tempat 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 bersinambungan (berbagai pertimbangan dari segi SDM, keamanan, kondisi lokasi, teknis 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).

$$Q = \frac{C.it.A}{3,6} \dots\dots\dots 2. 69$$

Dimana :

Q = Debit limpasan (m3 /det)

C = Koefisien limpasan atau pengaliran

It = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan hujan (km2)

2.10.1 Bangunan 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 :

$$X = \frac{\Sigma x}{n} \dots\dots\dots 2. 70$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\Sigma(x^2) - x\Sigma x}{n-1}} \dots\dots\dots 2. 71$$

$$R_T = X + Sx \dots\dots\dots 2. 72$$

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 periode ulang T

K = Faktor frekuensi

Untuk mendapatkan nilai Yn dan Sn pada perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 2. 42 berikut ini :

Tabel 2. 42 Nilai Variabel Reduksi Gumbel (Yt)

Periode Ulang	Yt
2	0,3665
5	14,999
10	2,502
25	31,985
50	39,019
100	46,001
1000	69,000

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 2. 43 Data Variasi Fungsi Kata Ulang (Yt)

N	Yt	Sn
10	0,3665	0,9496
11	1,4999	0,9676
12	2,2502	0,9833
13	2,9702	0,9971
14	3,1985	1,0095
15	3,9019	1,0206

(Sumber : SNI 03-3424-1994)

Tabel 2. 44 Nilai K Sesuai Lama Pengamatan

T	Yt	Lama Pengamatan (tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0,3665	-0,1355	-0,1434	-1,478	-0,1506	-0,1526
5	1,4999	1,0580	0,9672	0,9186	0,8878	0,8663
10	2,2502	1,8482	1,7023	1,6246	1,5752	1,5408
20	2,9702	2,6064	2,4078	2,3020	2,2348	2,1881
25	3,1985	2,8468	2,6315	2,5168	2,4440	2,3933
50	3,9019	2,5875	3,3207	3,1787	3,1787	3,0256
100	4,6001	4,3228	4,0048	3,8356	3,8356	3,6533

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

a. Menentukan Intensitas Hujan Rencana

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara intensitas, lama curah hujan dan frekuensi hujan biasanya

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, 10 menit, 30 menit, 60 menit dan jam. Untuk mengolah R (Frekuensi Hujan) menjadi I (Intensitas Hujan) dapat digunakan cara Monobe sebagai berikut : dalam lengkung Intensitas–durasi–frekuensi (IDF).

$$I = \frac{R24}{24} \cdot \left(\frac{24^3}{t} \right) \dots\dots\dots 2. 73$$

Dimana :

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

T = Lamanya curah hujan (menit)

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

a. 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 (t_1) waktu untuk mencapai saluran dari titik terjauh dan (t_2) waktu pengaliran. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus :

$$T_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots 2. 74$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_o \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots 2. 75$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times v} \dots\dots\dots 2. 76$$

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

L = Panjang saluran (m)

K = Kelandaian permukaan

nd = Koefisien hambatan (Tabel 2.46)

Is = Kemiringan saluran memanjang

V = Kecepatan air rata–rata pada saluran drainase

Tabel 2. 45 Kemiringan Satuan Memanjang (i_s) Berdasarkan Jenis Material

N0.	Jenis Material	Kemiringan Saluran ($I_s\%$)
1	Tanah Asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	7,5

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Tabel 2. 46 Koefisien Hambatan Berdasarkan Kondisi Permukaan

No.	Kondisi Permukaan yang Dilalui Aliran	n_d
1	Lapisan semen dan aspal, beton	0,013
2	Permukaan halus dan kedap air	0,02
3	Permukaan halus dan padat	0,10
4	Lapangan dengan rumput jarang, lading dan tanah lapang kosong dengan permukaan cukup kasar	0,20
5	Lading dan lapangan rumput	0,40
6	Hutan	0,60
7	Hutan dan rimba	0,80

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

a. 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 durasi 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 :

$$C_w = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3.fk}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \dots\dots\dots 2.77$$

Dimana :

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

A₁, A₂, ... = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan, (km²)

C_w = C rata – rata pada daerah pengaliran yang dihitung

fk = Faktor limpasan sesuai guna jalan

Tabel 2. 47 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan Harga Faktor Limpasan (fk)

No.	Kondisi Permukaan	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan(fk)
BAHAN			
1	Jalan beton & jalan aspal	0,70-0,90	-
2	Jalan kerikil & jalan tanah	0,40-0,70	-
3	Bahu jalan :		
	Tanah berbutir halus	0,40-0,65	-
	Tanah berbutir kasar	0,10-0,20	-
	Batuan masif keras	0,70-0,85	-
	Batuan masif lunak	0,60-0,75	-
TATA GUNA LAHAN			
1	Daerah Perkotaan	0,70-0,95	2,0
2	Daerah Pinggiran Kota	0,60-0,70	1,5
3	Daerah Industry	0,60-0,90	1,2
4	Pemukiman Padat	0,40-0,60	2,0
5	Pemukiman Tidak Padat	0,40-0,60	1,5
6	Taman dan Kebun	0,40-0,60	0,2
7	Persawitan	0,45-0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70-0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75-0,95	0,3

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

a. Debit Banjir

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

$$Q = \frac{1}{3.6} \times Cw \times I \times A \dots\dots\dots 2. 78$$

Dimana :

Q = Debit aliran (m³ /detik)

Cw = Koefisien pengaliran rata – rata

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah layanan (km²)

2.10.1 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 dapat dilihat pada Tabel 2.49 dengan desain umur rencana untuk 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.

Tabel 2.48 Tipe Penampang Gorong-gorong

No.	Tipe Gorong-gorong	Bahan yang dipakai
1	Pipa tunggal atau lebih	Metal gelombang, beton bertulang atau beton tumbuk, besi cor dan lain-lain
2	Pipa lengkung tunggal atau lebih	Metal gelombang
3	Gorong – gorong persegi (Boxculvert)	Beton bertulang

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Tabel 2. 49 Tabel Minimum Lining (Dinding) Saluran

Jenis Saluran	Tebal Minimum (cm)
Pasangan batu	30
Beton tumbuk (saluran kecil)	8
Beton tumbuk (saluran besar)	10
Beton bertulang	7
Beton ferrocement	3
Pasangan semen tanah dipadatkan (saluran kecil)	10
Pasangan semen tanah dipadatkan (saluran besar)	15

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.

Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang direncanakan seperti pada Tabel 2.50 berikut ini :

Tabel 2. 50 Ukuran Dimensi Gorong-gorong

Tipe Single		
L	T	H
100	100	16
100	150	17
100	200	18
200	100	22
200	150	23
200	200	25
200	250	26
200	300	28
300	150	28
300	200	30
300	250	30
300	300	30

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

2.1 Desain Dimensi 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. 51 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

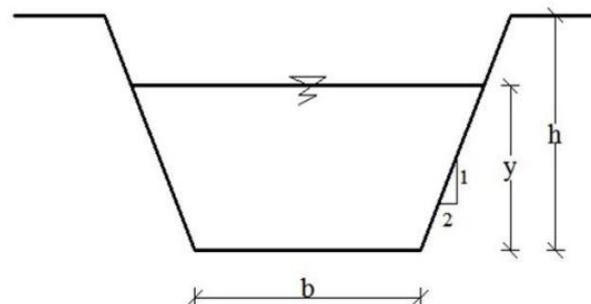
(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Tabel 2. 52 Kecepatan Aliran Air yang Diijinkan Berdasarkan Jenis Material

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

a. Desain Saluran Samping



Gambar 2. 43 Penampang Saluran Berbentuk Trapesium

Perhitungan dimensi saluran dilakukan dengan menggunakan rumus

Manning :

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots 2. 79$$

$$Q = V \times A \dots\dots\dots 2. 80$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots 2. 81$$

$$w = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots 2. 82$$

Rumus Penampang Ekonomis :

$$B + 2 mh = 2 h\sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots 2. 83$$

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)

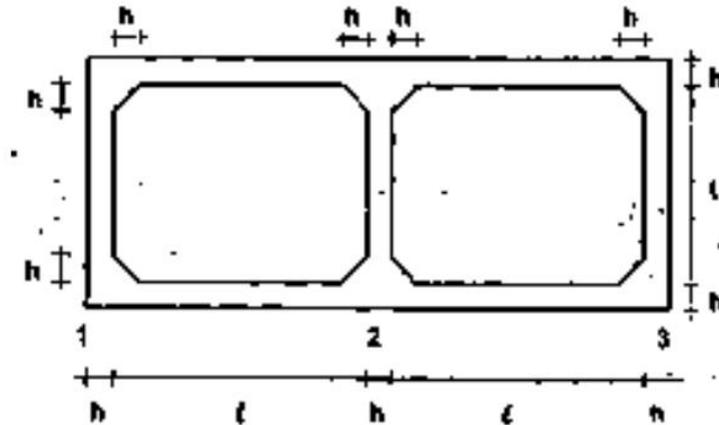
w = Tinggi jagaan (m)

B = Lebar saluran (m)

m = Perbandingan kemiringan talud

h = Tinggi muka air (m)

a. Dimensi Gorong-gorong Berbentuk Persegi (Box culvert)



Gambar 2. 44 Dimensi Gorong-gorong Berbentuk Persegi (*Box culvert*)

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots 2. 84$$

$$b = 2h \dots\dots\dots 2. 85$$

$$A = I \times h \dots\dots\dots 2. 86$$

$$w = \sqrt{0,5 h} \dots\dots\dots 2. 87$$

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)

Tabel 2. 53 Koefisien Kekasaran Manning

No	Tipe saluran	Baik sekali	Baik	Bedang	Jelek
SALURAN BUAYAN					
1.	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2.	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3.	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4.	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5.	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6.	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7.	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
SALURAN ALAM					
8.	Bersih, lurus, tidak berpasir dan tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9.	Seperti no.8 tapi ada timbunan atau kerikil	0,030	0,035	0,035	0,040
10.	Melengkung, bersih, berlubang dan ber dinding pasir	0,030	0,035	0,040	0,045
11.	Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12.	Seperti no.10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13.	Seperti no.11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14.	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15.	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
SALURAN BUAYAN, BETON, ATAU BATU KALI					
16.	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17.	Seperti no.16, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18.	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19.	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20.	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21.	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.1 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 128 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 di tengah jalan akibat kekurangan dana dapat di minimalisir.

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 dan 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.

1. 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 pembanding harga yang akan ditawarkan oleh kontraktor pada saat lelang
2. 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.

2.1 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 di butukan. Dalam RAB harus dipastikan jumlah masing-masing material di setiap 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

1. Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah

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

2. 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 dipasaran, yang kemudian dikumpulkan didalam 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 didalam perhitungannya haruslah disesuaikan dengan kondisi lapangan, kondisi alat/efisiensi, metode pelaksanaan dan jarak angkut.

2.1 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Untuk penyelesaian suatu pekerjaan konstruksi diperlukasn 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

2.13.1 *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 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 (1995: 38)) yaitu: “*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.

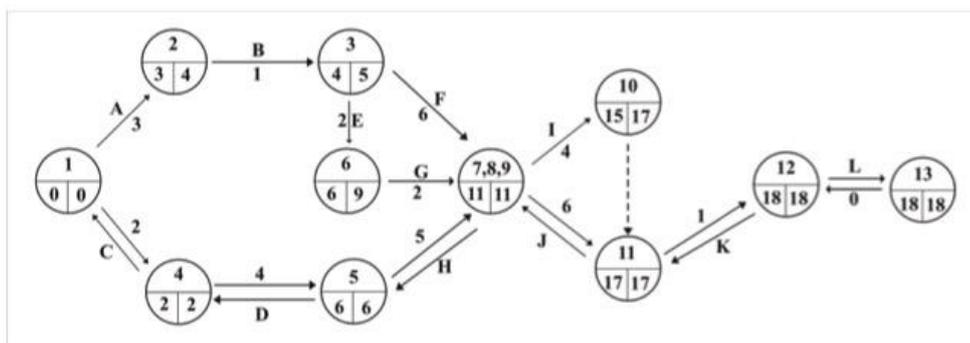
Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- 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:

- a. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian pekerjaan, banyaknya durasi maupun resources yang dibutuhkan.
- b. Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.

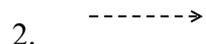
- Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
- Aktifitas-aktifitas itu dibatasi mulai dan selesai.
- Waktu, biaya dan resources yang dibutuhkan aktifitas-aktifitas itu, kemudian mengikutinya.
- Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan. Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
- Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
- Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.



Gambar 2. 45 *Network Planning*

Keterangan :

- \longrightarrow (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak – anak panah menunjukkan urutan – urutan waktu.
- \bigcirc (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan

1.  (*Double Arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
2.  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah putus-putus yang artinya, kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak memakan waktu.
3.  (*Event/kejadian*), Event adalah saat dimulainya atau berakhirnya suatu kegiatan. Simbol 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.
4. A,...,L merupakan kegiatan sedangkan $L_a, L_b, L_c, L_d, L_e, L_f, L_g$ dan L_h merupakan durasi dari kegiatan tersebut.

2.13.1 *Barchart*

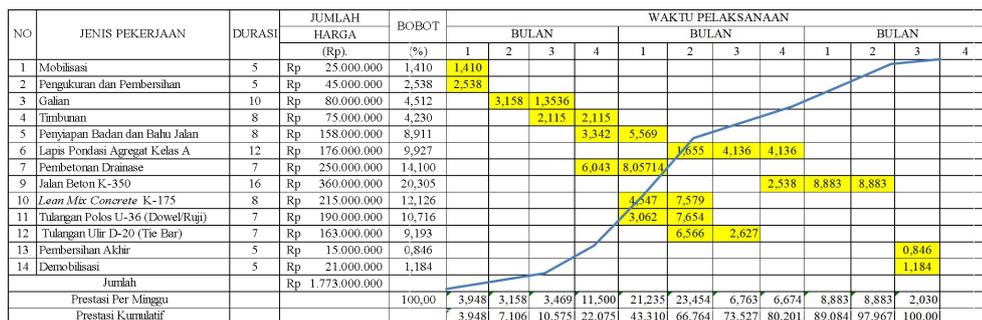
Diagram barchart merupakan suatu yang erat hubungannya dengan NWP, barchart ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan waktu pelaksanaan. Disamping itu dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan yang diperlukan dan pengaturan hal-hal tersebut agar tidak mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

NO	JENIS PEKERJAAN	DURASI	JUMLAH HARGA (Rp)	BOBOT (%)	WAKTU PELAKSANAAN																			
					BULAN				BULAN				BULAN											
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
1	Mobilisasi	5	Rp 25.000.000	1,410	1,410																			
2	Pengukuran dan Pembersihan	5	Rp 45.000.000	2,538	2,538																			
3	Galian	10	Rp 80.000.000	4,512		3,158	1,3536																	
4	Timbunan	8	Rp 75.000.000	4,230			2,115	2,115																
5	Penyiapan Badan dan Bahu Jalan	8	Rp 158.000.000	8,911				3,342	5,569															
6	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	12	Rp 176.000.000	9,927						1,655	4,136	4,136												
7	Pembetonan Drainase	7	Rp 250.000.000	14,100																				
9	Jalan Beton K-350	16	Rp 360.000.000	20,305													2,538	8,883	8,883					
10	Lean Mix Concrete K-175	8	Rp 215.000.000	12,126						4,547	7,579													
11	Tulangan Polos U-36 (Dowel/Ruji)	7	Rp 190.000.000	10,716						3,062	7,654													
12	Tulangan Ulir D-20 (Tie Bar)	7	Rp 163.000.000	9,193							6,566	2,627												
13	Pembersihan Akhir	5	Rp 15.000.000	0,846																			0,846	
14	Demobilisasi	5	Rp 21.000.000	1,184																			1,184	
	Jumlah		Rp 1.773.000.000																					
	Prestasi Per Minggu			100,00	3,948	3,158	3,469	11,500	21,235	23,454	6,763	6,674	8,883	8,883	2,030									
	Prestasi Kumulatif				3,948	7,106	10,575	22,075	43,310	66,764	73,527	80,201	89,084	97,967	100,00									

Gambar 2. 46 Barchart

2.13.1 Kurva S

Kurva S adalah suatu kurva yang disusun untuk menunjukkan hubungan antara nilai komulatif 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.



Gambar 2. 47 Kurva

