

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan geometrik jalan

Perencanaan Geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan optimum pada arus lalu lintas. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan. (Sukirman, 1999).

Data-data yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya diantaranya data lalu lintas, data topografi, data tanah dan data penunjang lainnya.

2.1.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan digunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalan pada satu jalur dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau muatan sumbu terberat yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan konstruksi perkerasan (*Saodang, 2004*).

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

2.1.2 Data Peta Topografi

Pengukuran peta topografi digunakan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup guna menentukan perancangan geometrik jalan. Data peta topografi

yang didapat akan digunakan untuk menentukan kecepatan sepanjang ruas jalan yang direncanakan dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat – tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar.

2.2 Klasifikasi Jalan

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

2.1.3 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi jalan menurut fungsinya terbagi atas beberapa menjadi :

1. Jalan Arteri

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

2. Jalan Kolektor

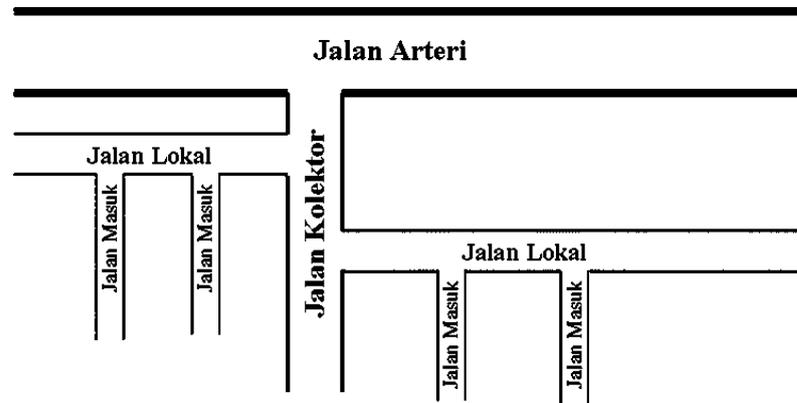
Jalan kolektor melayani angkutan pengumpu atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3. Jalan Lokal

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

4. Jalan Lingkungan

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



Gambar 2. 1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

2.1.4 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Jalan dikelompokkan dalam beberapa kelas berdasarkan muatan sumbu yang ditetapkan berdasarkan fungsi dan intensitas lalu lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan jalan dan daya dukung untuk menerima muatan sumbu terberat.

a. Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan dalam MST

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton dapat dilihat dalam tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi menurut kelas jalan dalam MST

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan , m			Muatan Sumbu Terberat ton
		Lebar	Panjang	Tinggi	
Kelas I	Arteri,Kolektor	$\leq 2,55$	$\leq 18,0$	$\leq 4,2$	10
Kelas II	Arteri,Kolektor,Loka 1	$\leq 2,55$	$\leq 12,0$	$\leq 4,2$	8
Kelas III	dan Lingkungan	$\leq 2,2$	$\leq 9,0$	$\leq 3,5$	8*)
Kelas Khusus	Arteri	$\leq 2,55$	$\leq 18,0$	$\leq 4,2$	> 10

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan 2021)

b. Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan dalam LHR

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR, merupakan penentuan kelas jalan berdasarkan kapasitas Lalu Lintas Harian Rata – rata (LHR) yang dilayani dalam satuan smp. Klasifikasi kelas jalan dalam LHR ini dapat dilihat pada table 2.2

Tabel 2. 2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan dalam LHR

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

(Sumber : Pedoman Perencanaan Geometrik Jalan Raya No.13/1970)

2.1.5 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medanyang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 2.3

Tabel 2. 3 Klasifikasi menurut medan jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan(%)
1.	Datar	D	< 10
2.	Perbukitan	B	10 - 25
3.	Pegunungan	G	> 25

(Sumber : Pedoman Desain Geometrik Jalan 2021)

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/Kotamadya dan Jalan Desa.

1. Jalan Nasional, yang termasuk kelompok ini adalah jalan arteri primer, dalam kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan lain yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional.
2. Jalan Provinsi, yang termasuk kelompok jalan provinsi adalah jalan kolektor primer yang menghubungkan Ibukota Kabupaten/Kotamadya.
3. Jalan Kabupaten, yang termasuk kelompok jalan Kabupaten adalah jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi, jalan lokal primer, jalan sekunder dan jalan lain yang tidak termasuk dalam kelompok jalan nasional atau jalan provinsi serta jalan kotamadya
4. Jalan Desa merupakan jalan yang berada dilingkungan suatu desa

2.3 Karakteristik Lalu Lintas

Dalam perencanaan teknik jalan data lalu lintas sangat diperlukan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan bergantung dari komposisi yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau. Yang dimana, data lalu lintas ini digunakan untuk menentukan kapasitas jalan, namun harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik dan lainnya karena data ini berkaitan satu dengan yang lainnya.

2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana merupakan kendaraan yang dipakai dimensi dan radius putarnya sebagai acuan dalam perancangan geometrik. Dimensi kendaraan rencana masing – masing kelompok diambil ukuran terbesar untuk mewakili kelompoknya (Silvia Sukirman, 1999).

Kendaraan rencana yang dipilih adalah sebagai dasar perencanaan fungsi jalan, jenis kendaraan dominan yang memakai jalan tersebut, dan pertimbangan biaya, kendaraan rencana tersebut dapat dikelompokkan ke dalam 3 kategori, yaitu:

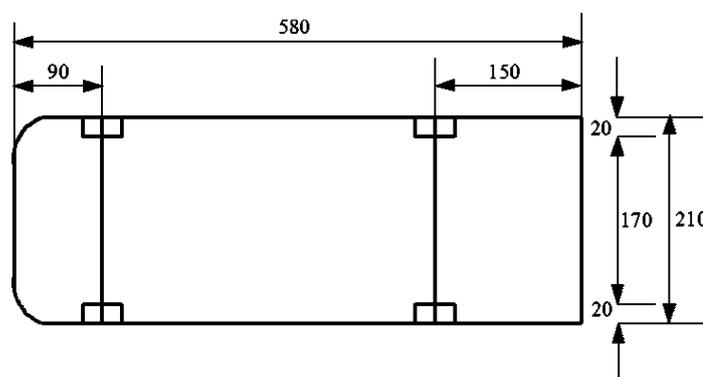
1. Kendaraan kecil, yaitu kendaraan empat roda dengan jarak as 2,0 – 3,0 m, meliputi : mobil penumpang, oplet, mikrobus, pick up, dan truck kecil sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga
2. Kendaraan sedang, yaitu kendaraan dengan dua gandar, dengan jarak as 3,5 – 5,0 m, meliputi : truk 3 as, tandem, dan bus besar 2 as.
3. Kendaraan besar, yaitu kendaraan yang diwakili oleh truk semi trailer.

Adapun dimensi dasar dari masing-masing kategori kendaraan rencana dapat dilihat pada tabel 2.4.

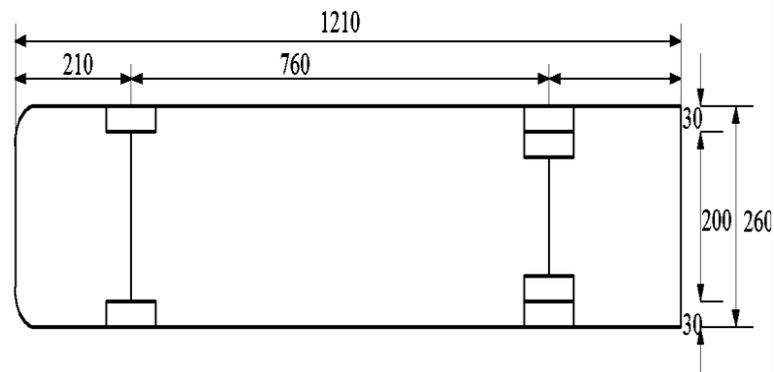
Tabel 2. 4 Dimensi Kendaraan rencana

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

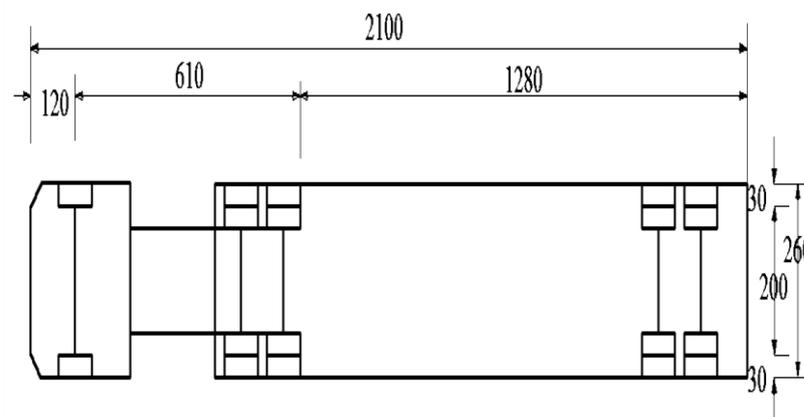
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota,1997)



Gambar 2. 2 Dimensi kendaraan Kecil



Gambar 2. 3 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2. 4 Dimensi Kendaraan Besar

2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (v_r) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perancangan 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 (Silvia Sukirman, 1999).

Selain itu kecepatan juga dipilih untuk keperluan perancangan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, kelandaian jalan, dan lain - lain. Pertimbangan Utama dalam memilih V_r adalah :

1. Memungkinkan kendaraan desain melintas dengan aman dan nyaman pada batas-batas kecepatan operasional yang ditentukan, dalam cuaca yang cerah, arus lalu lintas yang kepadatannya sedang, dan gangguan dari jalan masuk yang dapat diabaikan.
2. Mempertimbangkan fungsi jalan dan dipilih V_r tertinggi dari rentang nilai V_r yang diizinkan (kecuali dipilih yang lebih rendah karena pertimbangan keselamatan, ekonomi (termasuk ketersediaan dana), lingkungan, dan kemudahan konstruksi).
3. Mempertimbangkan medan jalan (datar, bukit, dan gunung).
4. Mempertimbangkan karakter pengemudi.
5. Pada ruas jalan yang akan ditingkatkan di masa yang akan datang atau pelaksanaan konstruksi bertahap, maka V_r yang dipilih hendaknya yang sesuai dengan V_r di masa yang akan datang (akhir umur desain final).

Tabel 2. 5 Kecepatan Rencana (V_r) Sesuai Klasifikasi dan Medan Jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana, V_R (Km/jam)		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	60 – 100	50 - 90	40 - 80
Kolektor	40 – 80	30 - 70	20 - 60
Lokal	20 -60	20 - 50	20 -40

(Sumber : *Pedoman Desain Geometrik Jalan, 2021*)

2.3.3 Volume Lalu Lintas Rencana

a. Satuan mobil penumpang (SMP)

Satuan mobil penumpang (SMP) adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan dimana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu smp atau satuan arus lalu lintas dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan termasuk mobil penumpang dengan

menggunakan smp (Hendarsin, 2000).

Adapun satuan mobil penumpang untuk jenis kendaraan dan kondisi medan lainnya dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

No	Jenis Kendaraan	Nilai smp
1	Sepeda	0,5
2	<i>Mobil penumpang/sepeda motor</i>	1,0
3	Truk Ringan (<5 ton)	2,0
4	Truk Sedang (\geq 5 ton)	2,5
5	Truk Berat (>10 ton)	3,0
6	Bus	3,0
7	Kendaraan tak bermotor	7,0

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

b. Ekuivalen Mobil Penumpang (emp)

Faktor konversi berbagai jenis kendaraan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan lainnya, emp = 1,0).

Tabel 2. 7 Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar/Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, eep, 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 : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)

Satuan volume lalu lintas yang umum digunakan dengan jumlah dan lebar lajur jalan yang direncanakan dengan menggunakan perhitungan jumlah lalu lintas adalah :

a. Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari dalam satu tahun yang harus diketahui arah dan tujuan lalu lintas. Dari hasil survei akan diperoleh lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) yaitu jumlah lalu lintas dalam satu tahun dibagi dengan 365 hari. Biasanya dipakai data LHR dimana LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dan lamanya pengamatan.

$$LHRT = \frac{\text{jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365 \text{ hari}} \dots\dots\dots 2.1$$

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots 2.2$$

b. Volume Jam Rencana

Volume Jam Perencanaan (VJR) adalah volume lalu lintas dalam satu jam yang dipakai sebagai dasar perencanaan. Dimana harus memenuhi kriteria bahwa volume tersebut tidak boleh terlalu sering terdapat pada distribusi arus lalu lintas setiap jam untuk periode satu tahun dan jika terdapat volume lalu lintas per jam yang melebihi VJR, maka kelebihan tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang terlalu besar karena akan mengakibatkan jalan sering lenggang dan tidak ekonomis

$$Vjr = k \times LHR \dots\dots\dots 2.3$$

K adalah faktor jam desain, nilai tipikalnya adalah 8% - 11% untuk jalan yang padat dan 7% s.d. 15% untuk jalan yang kurang padat seperti jalur pariwisata, jalur luar kota.

2.4 Penentuan Trase Jalan

Dalam penentuan jalan harus ditentukan trase jalan yang harus ditetapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya, serta mendapatkan keamanan dan kenyamanan bagi pemakainya. Perencanaan trase jalan sangat dipengaruhi oleh keadaan fisik dan topografi, serta peruntukan lahan yang dilaluinya.

Dalam kondisi normal, penentuan trase jalan sekaligus pemetaannya di lapangan, tidak terlalu banyak memerlukan perbaikan-perbaikan tanah, sehingga hanya terbatas pada pekerjaan galian dan timbunan.

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

1. Syarat ekonomis

Dalam perencanaan yang menyangkut syarat-syarat ekonomis yaitu :

- a. Penarikan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat menghemat biaya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya
- b. Penyediaan material dan tenaga kerja yang diharapkan tidak terlalu jauh dari lokasi proyek sehingga dapat menekan biaya.

2. Syarat teknis

Tujuan dari syarat teknis ini adalah untuk mendapatkan jalan yang dapat memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jalan tersebut. Oleh karena itu perlu diperhatikan keadaan topografi tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah tersebut.

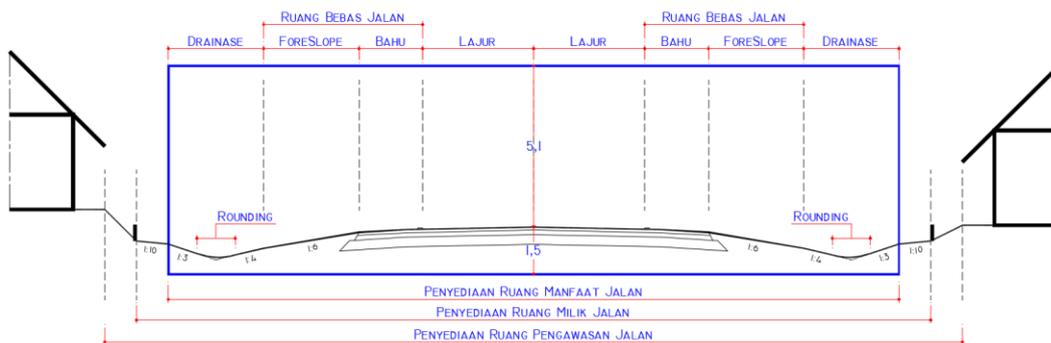
2.5 Bagian – Bagian Jalan

Suatu jalan raya terdiri dari bagian – bagian jalan, dimana bagian – bagian jalan tersebut dibedakan berdasarkan :

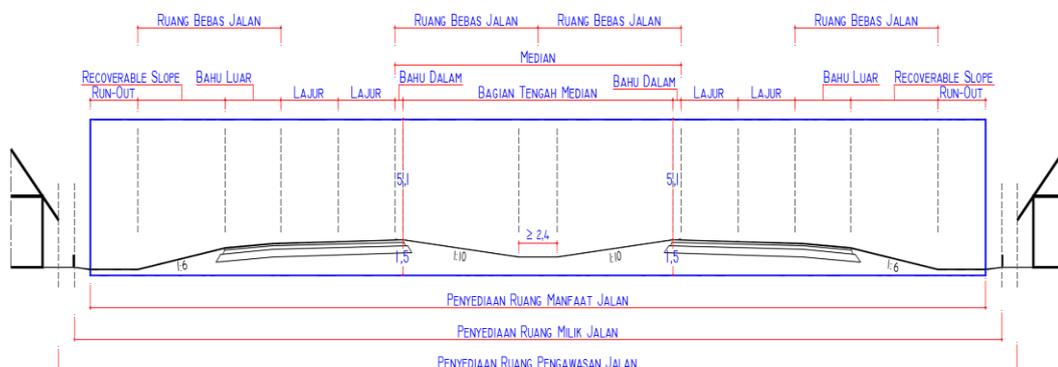
1. Rumaja, merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu, meliputi bagian badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman. Rumaja dilengkapi ruang bebas dengan ukuran tinggi, dan kedalaman sebagai berikut.
 - a. Lebar ruang bebas diukur di antara dua garis vertikal pada batas terluar ambang pengaman atas batas terluar Rumaja.
 - b. Tinggi ruang bebas minimal 5,1 m di atas permukaan jalur lalu lintas.
 - c. Kedalaman ruang bebas minimal 1,5 m di bawah permukaan jalur

lalu lintas terendah.

2. Rumija, merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu, meliputi Rumaja dan sejalur tanah tertentu di luar Rumaja. Rumija paling sedikit memiliki lebar sebagai berikut:
 - a. JBH 30m.
 - b. JRY 25m.
 - c. JSD 15m; dan
 - d. JKC 11m.
3. Ruwasja, merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu, meliputi ruang tertentu di luar Rumija. Ruwasja diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengaman konstruksi jalan, serta pengamanan fungsi jalan. Ruwasja pada dasarnya adalah ruang lahan milik masyarakat umum yang mendapat pengawasan dari pembina jalan.



Gambar 2. 5 Bagian - Bagian Jalan



Gambar 2. 6 Ruang bagian-bagian jalan pada permukaan tanah dasar

2.6 Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan bermotor (roda 4 atau lebih) yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Adapun batas jalur lalu lintas dapat berupa :

- a. Median;
- b. Bahu;
- c. Trotoar;

Jalur lalu lintas dapat terdiri dari beberapa lajur dan beberapa tipe yaitu :

- a. 1 jalur – 2 lajur – 2 arah (2/2 TT)
- b. 1 jalur – 2 lajur – 1 arah (2/1 TT)
- c. 2 jalur – 4 lajur – 2 arah (4/2 T)
- d. 2 jalur – n lajur – 2 arah (n/2 T), dimana n = jumlah lajur

Keterangan : TT = tidak terbagi

T = terbagi

Pada tabel 2.8 menunjukkan lebar jalur dan bahu sesuai VLHR-nya. Lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, yang memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Sehingga jika terjadi papasan dua kendaraan besar sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan.

Tabel 2. 8 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)
<3000	6	1,5	4,5	1	6	1,5	4,5	1	6	1	4,5	1
3000- 10000	7	2	6	1,5	7	1,5	6	1,5	7	1,5	6	1

VLHR (smp/hari)	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)
10.000- 25.000	7	2	7	2	7	2,0	**)	**)				
>25.000	2nx3,5*	2,5	2x7*	2	2nx3,5*	2,0	**)	**)				

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

2.6.1 Lajur

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, dimana memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung kecepatan dan kendaraan rencana, dimana hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan yang ditetapkan dalam tabel 2.9. Untuk jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu pada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, untuk suatu ruas jalan dinyatakan oleh nilai rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0.80. Lajur lalu lintas pada alinemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal untuk kelancaran drainase permukaan, yaitu sebagai berikut :

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

Tabel 2. 9 Lebar Lajur Ideal

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

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

2.6.2 Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian daerah manfaat jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan diperkeras, yang berfungsi menampung kendaraan yang berhenti, keperluan darurat, dan untuk pendukung samping bagi lapis pondasi bawah, lapis pondasi, dan lapis permukaan. Fungsi dari bahu jalan adalah sebagai berikut :

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

2.6.3 Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Adapun fungsi dari median adalah untuk :

- a. Memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah;
- b. Ruang lapak tunggu penyebrang jalan;
- c. Penempatan fasilitas jalan;
- d. Tempat prasarana kerja sementara;
- e. Penghijauan;
- f. Tempat berhenti darurat (jika cukup luas);
- g. Cadangan lajur (jika cukup luas);
- h. Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan.

Jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi median. Median dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

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

Tabel 2. 10 Lebar Minimum Median

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

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

2.7 Alinemen Horizontal

Alinemen horizontal jalan umumnya berupa serangkaian bagian-bagian jalan yang lurus dan melengkung berbentuk busur lingkaran, dan yang dihubungkan oleh lengkung peralihan atau tanpa lengkung peralihan. Kecepatan kendaraan yang digunakan pengemudi untuk berjalan di jalan, dipengaruhi terutama oleh persepsi pengemudi terhadap fitur alinemen horizontal jalan selain fitur elemen-elemen jalan yang lainnya seperti rambu batas kecepatan (Sukirman, 1999:67).

2.7.1 Panjang Bagian Lurus

Jalan lurus dan panjang dalam waktu berkendara yang lama dengan kecepatan tinggi dan tingkat konsentrasi yang tinggi, cenderung menyebabkan kelelahan dan mengantuk. Berdasarkan hal ini dan beberapa faktor lain, desain panjang alinemen jalan yang lurus perlu mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut.

1. Silau sorotan lampu di malam hari dari kendaraan yang berlawanan arah menjadi mengganggu pada jarak lebih dekat dari 3.000 m.
2. Pada jarak lebih dari 2.500 m, pengemudi akan sulit memperkirakan kecepatan kendaraan yang datang dari arah berlawanan, tanpa komponen visual dari samping seperti saat kendaraan berada di tikungan; dan
3. Silau sinar matahari pagi dan sore pada jalan dengan sumbu alinemen arah timur-barat yang bisamenyilaukan mata pengemudi.

Tabel 2. 11 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

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

2.7.2 Jari – Jari Minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal sehingga menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengurangi gaya sentrifugal maka perlu dibuat suatu kemiringan jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e).

Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, maka terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal sehingga menimbulkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f).

Rumus untuk Lengkung Horizontal adalah :

$$R = \frac{v^2}{127(e+f)} \dots\dots\dots 2.4$$

$$D = \frac{25}{2\pi} \times 360^\circ \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana : R= jari-jari lengkung, (m)

D= derajat lengkung, (°)

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu dapat dihitung jari-jari minimum untuk superlevasi maksimum dan koefisien gesekan maksimum.

$$R_{min} = \frac{v_r^2}{127(e_{maks}+f_{maks})} \dots\dots\dots 2.6$$

$$D_{max} = \frac{1432,9}{R_{min}} \dots\dots\dots 2.7$$

Dimana :

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

V_R = kecepatan kendaraan rencana (km/jam)

e_{maks} = superelevasi maksimum (%)

f_{maks} = koefisien gesekan melintang maksimum

D = derajat lengkung

D_{maks} = derajat maksimum

Untuk pertimbangan perencanaan, digunakan $e_{maks} = 10\%$ dan f_{maks} yang hasilnya dibulatkan. Untuk berbagai variasi kecepatan dapat digunakan table 2.12

Tabel 2. 12 Panjang Jari - jari Minimum untuk $e_{maks} 10\%$

V_R (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	600	370	280	210	115	80	50	30	15

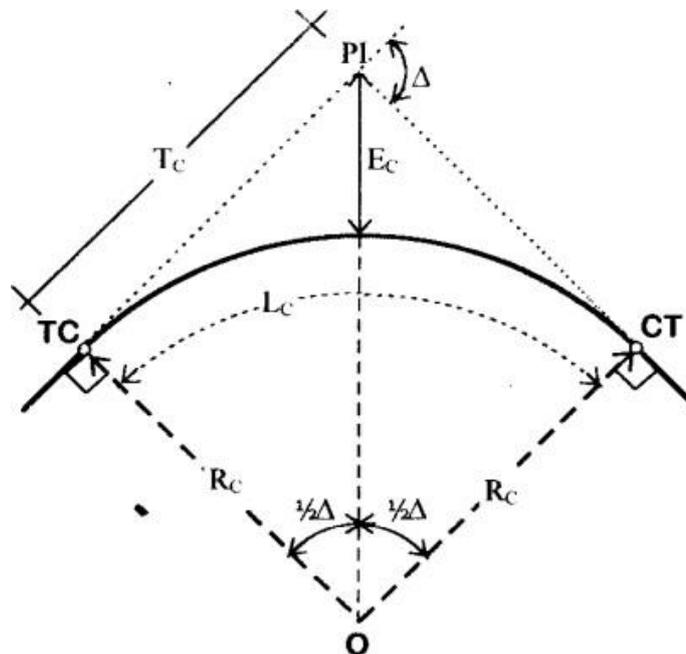
(sumber: Hendarsin, 2000)

2.7.3 Tikungan

Tikungan terdiri dari 3 jenis antara lain :

1. Tikungan *Full Circle*

Full Circle (FC) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar (Hendarsin, 2000:96).



Gambar 2. 7 Tikungan *Full Circle*

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

Keterangan :

- Δ = Sudut tikungan
- O = Titik pusat lingkaran
- Tc = Panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT
- Rc = Jari – jari lingkaran
- Lc = Panjang busur lingkaran
- Ec = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran

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

$$T_c = R_c \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots 2. 8$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots 2. 9$$

$$L_c = \frac{\Delta \pi \cdot R_c}{180^\circ} \dots\dots\dots 2.10$$

2. Spiral–Circle–Spiral (SCS) atau Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \infty \rightarrow R = R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian

lingkaran (circle), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran (Hendarsin,2000:96). Panjang lengkung peralihan (Ls), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, diambil nilai terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

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

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \dots\dots\dots 2.11$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus Modifikasi Short, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{Vr^3}{Rc} - 2,272 \frac{Vr \cdot e_{tr} j d}{c} \dots\dots\dots 2.12$$

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian,

$$L_s = \frac{e_{maks} - e_n}{3,6 \cdot r_e} V r \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana :

T = waktu tempuh = 3 detik

RC = jari – jari busur lingkaran (m)

C = perubahan percepatan, 0,3-1,0 disarankan 0,4 m/det³

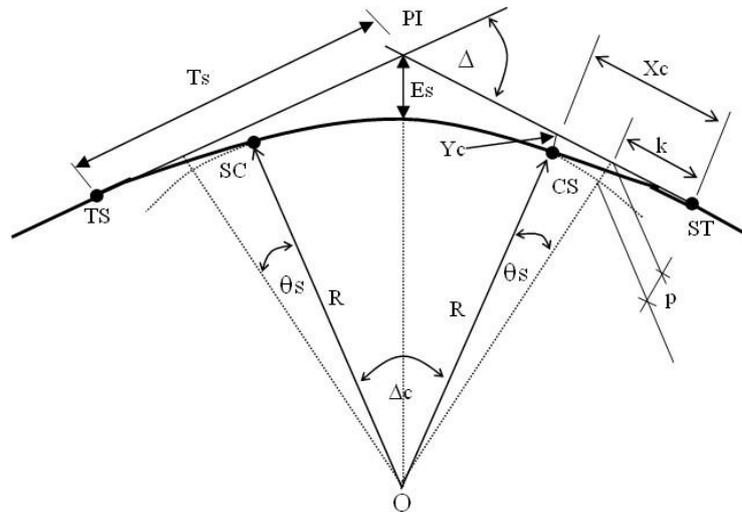
E = superelevasi

Emaks = superelevasi maksimum

en = superelevasi normal

re = tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, sebagai berikut :

- Untuk $V_R \leq 70$ km/jam, r_e maks = 0,035 m/m/det
- Untuk $V_R \geq 80$ km/jam, r_e maks = 0,025 m/m/det



Gambar 2. 8 Tikungan Spiral - Circle - Spiral

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

Keterangan :

- Xs = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari TS ke SC (m)
- Ys = Ordinat titik SC pada titik tegak lurus pada titik tangen (m)
- Ls = Panjang lengkung peralihan (m)
- Lc = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS), (m)
- Ts = Panjang tangen (dari titik PI ke TS atau ke ST), (m)
- Es = Jarak dari PI ke lingkaran (m)
- R = Jari-jari lingkaran (m)
- p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)
- k = Absis dari p pada garis tangen spiral (m)
- L = panjang tikungan SCS, (m)
- Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen (°)
- θs = Sudut lengkung spiral (°)
- Δc = sudut lengkung circle (°)

Rumus yang digunakan pada tikungan Spiral–Circle–Spiral (SCS), yaitu :

$$Xs = Ls(1 - \frac{Ls^2}{40R^2}) \dots\dots\dots 2.14$$

$$\theta_s = \frac{24,648}{Rc} \times Ls \dots\dots\dots 2.15$$

$$\Delta' = \Delta - 2 \cdot \theta_s \dots\dots\dots 2.16$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{40 \cdot R^2} \dots\dots\dots 2.17$$

$$P = Y_s - R_c (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots 2.18$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{40 \cdot R_c^2} - R_c \sin \theta_s \dots\dots\dots 2.19$$

$$L_c = 0,01745 \cdot \Delta' \cdot R \dots\dots\dots 2.20$$

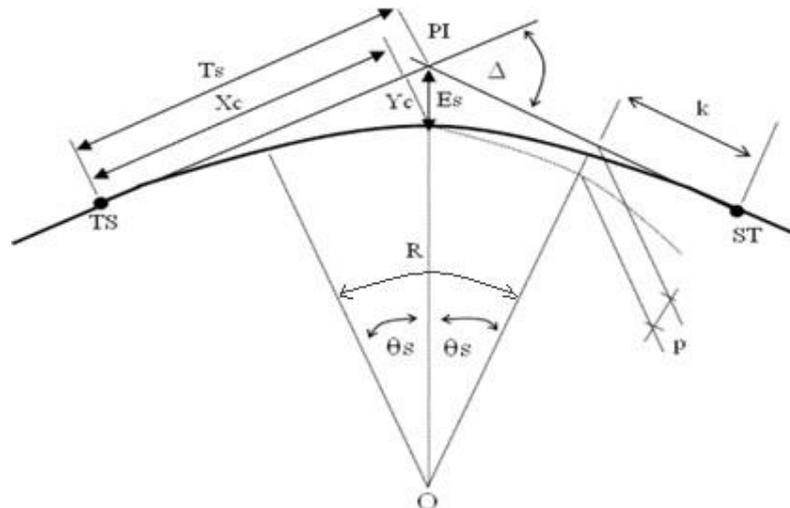
$$L = 2L_s + L_c \dots\dots\dots 2.21$$

$$T_s = (R+P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots 2.22$$

$$E_s = \frac{R+P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots 2.23$$

3. Tikungan Spiral – Spiral

Tikungan yang merupakan lengkung horizontal berbentuk *Spiral–Spiral* tanpa busur lingkaran, dimana titik SC berimpit dengan titik CS (Sukirman, 1999:134).



Gambar 2. 9 Tikungan *Spiral - Spiral*

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

Keterangan :

PI = Point of Intersection, titik perpotongan garis tangent utama

Ts	= Jarak antara PI dan TS
Ls	= Panjang bagian lengkung spiral
E	= Jarak PI ke lengkung spiral
Δ	= Sudut pertemuan antara tangen utama
θ_s	= Sudut spiral
Ts	= Spiral tangen, titik awal spiral (dari tangen ke spiral)
ST	= Spiral tangent, titik perubahan dari spiral ke tangen
Rc	= Jari - jari circle (m)
Xm	= Jarak dari Ts ke titik proyeksi pusat lingkaran pada tangen

Dalam menentukan nilai θ_s dan kontrol Panjang Ls ($L_s^* > L_s$), digunakan sebagai berikut :

$$\theta_s = \frac{1}{2} \times \Delta \dots\dots\dots 2.24$$

$$L_s^* = \frac{R \cdot \theta_s}{28,648} \dots\dots\dots 2.25$$

$$L_s^* > L_s = \text{oke} \dots\dots\dots 2.26$$

$$P = \frac{L_s^{*2}}{6 \cdot R} - Rc (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots 2.27$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{40 \cdot Rc^2} - Rc \sin \theta_s \dots\dots\dots 2.28$$

$$L = 2 \times L_s \dots\dots\dots 2.29$$

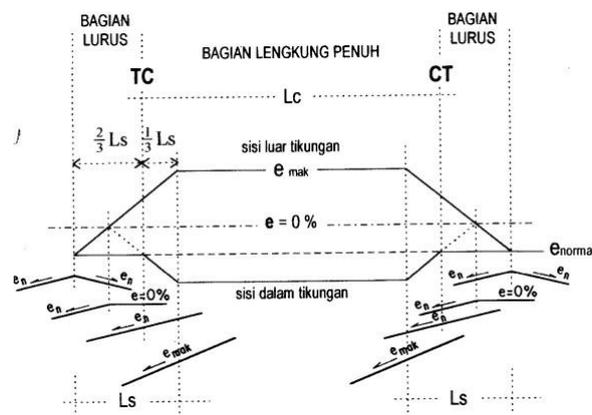
$$Ts = (R+P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots 2.30$$

$$Es = \frac{R+P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots 2.31$$

2.7.4 Superelevasi

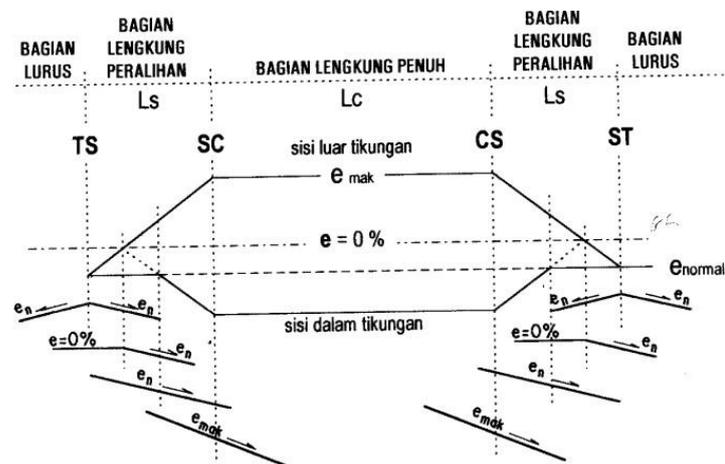
Superelevasi merupakan suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan saat berjalan melalui tikungan dengan kecepatan VR, dengan nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%.

Diagram superelevasi menggambarkan pencapaian superelevasi dari lereng normal ke superelevasi penuh, yang kemudian nantinya dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di suatu lengkung horisontal yang direncanakan. Adapun gambar diagram superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.10, 2.11, 2.12.



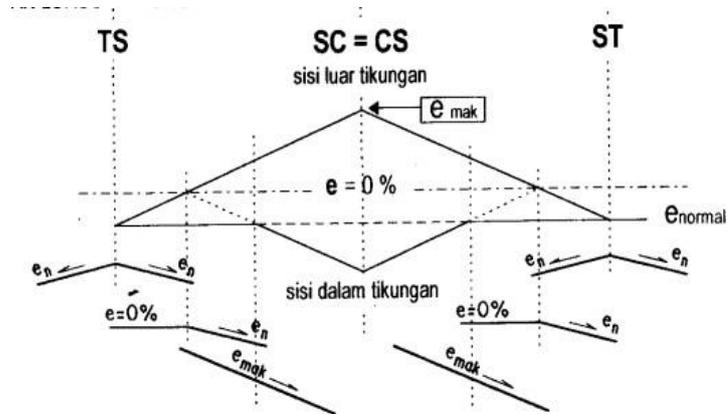
Gambar 2. 10 Diagram Superelevasi Full Circle

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



Gambar 2. 11 Diagram Superelevasi Spiral - Circle - Spiral

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



Gambar 2. 12 Diagram superelevasi Spiral - Spiral

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

2.7.5 Pelebaran Perkerasan Jalan pada Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung mengalami keluar jalur tepatnya pada lintasan roda belakang.

Adapun rumus – rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$B = \sqrt{\sqrt{(Rc^2 - 64 + 1,25)} - \sqrt{Rc^2 - 64 + 1,25}} (m) \dots\dots\dots 2.32$$

$$Rc = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b (m) \dots\dots\dots 2.33$$

$$Bt = n (B + C) + Z (m) \dots\dots\dots 2.34$$

$$\Delta b = Bt - Bn (m) \dots\dots\dots 2.35$$

$$Z = 0,015 \frac{V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots 2.36$$

Dimana :

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

R = Radius lengkung (jari-jari tikungan) (m).

B = Lebar kendaraan rencana (m).

B = Lebar perkerasan pada tikungan (m).

V = Kecepatan (km/jam)

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

Bt = Lebar total perkerasan pada tikungan (m)

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

N = Jumlah lajur.

C = Kebebasan samping (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

Δb = Tambahan lebar perkerasan pada tikungan (m)

2.7.6 Kebebasan Samping pada Tikungan

Menurut TPGJR No.038/TBM/1997, Departemen Pekerjaan Umum, pengertian kebebasan samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga Jh dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai objek penghalang pandangan sehingga persyaratan Jh dipenuhi.

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

a. Jika $J_h < L_t$

$$E = R \left(1 - \cos \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \text{ (m)} \dots\dots\dots 2.37$$

Dimana:

E = Jarak bebas samping (m)

Jh = Jarak pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)

Tabel 2. 13 Nilai E untuk $J_h < L_t$

R (m)	$V_r = 20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J_h = 16$	27	40	55	75	120	175	250
5000								1,6
3000								2,6
2000							1,9	3,9
1500							2,6	5,2
1200						1,5	3,2	6,5
1000						1,8	3,8	7,8
800						2,2	4,8	9,7
600						3,0	6,4	13,0
500						3,6	7,6	15,5
400					1,8	4,5	9,5	$R_{\min}=50$
300					2,3	6,0	$R_{\min}=3$	0
250				1,5	2,8	7,2	50	
200				1,9	3,5	$R_{\min}=2$		
175				2,2	4,0	10		
150				2,5	4,7			
130			1,5	2,9	5,4			
120			1,7	3,1	5,8			
110			1,8	3,4	$R_{\min}=1$			
100			2,0	3,8	15			
90			2,2	4,2				
80			2,5	2,7				
70		1,5	2,8	$R_{\min}=8$				
60		1,8	3,3	0				
50		2,3	3,9					
40		3,0	$R_{\min}=5$					
30		$R_{\min}=3$	0					
20	1,6	0						
15	2,1							
	$R_{\min}=15$							

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

2.7.7 Jarak pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga apabila pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Jarak pandang dibedakan menjadi dua yaitu Jarak Pandang Henti (J_h) dan Jarak Pandang Mendahului (J_d).

a. Jarak Pandang Henti (J_h)

J_h adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk

menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan didepan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi J_h . J_h diukur dengan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. J_h terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu :

1. Jarak tanggap (J_{ht}) adalah arak yang ditempuh oleh kendaraan seak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem, dan
2. Jarak pengereman (J_h) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. J_h dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus :

$$J_h = \frac{v_r}{3,6} T + \frac{\left(\frac{v_r}{3,6}\right)^2}{2gf} \dots\dots\dots 2.38$$

Dimana :

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

G = percepatan gravitas, ditetapkan 9,8 m/det²

F = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55

Tabel 2. 14 Jarak Pandang Henti (J_h) Minimum

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

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

b. Jarak Pandang Mendahului (J_d)

J_d adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaran mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur

semula. J_d diukur berdasarkan asumsi bahwa mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. J_d dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots 2.39$$

Dimana :

d_1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d_2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali kelajur semula (m)

d_3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

d_4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $2/3 d_2$ (m)

Tabel 2. 15 Jarak Pandang Mendahului

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

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

2.8 Alinyemen Vertikal

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000), alinyemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau berupa profil memanjang jalan. 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.

2.8.1 Kelandaian

a. Kelandaian Minimum

Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh di badan jalan, sedangkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, yang berfungsi membuang air permukaan sepanjang jalan diperlukan suatu kelandaian minimum. Dalam menentukan landai minimum ini terdapat dua tinjauan, yaitu:

- Kepentingan lalu lintas, yang ideal 0%
- Kepentingan drainase, yang ideal jalan berlandai

Dari tinjauan tersebut, maka dalam perencanaan alinyemen vertikal sangat dianjurkan:

- Landai datar, untuk jalan di atas timbunan tanpa kerb.
- Landai 0,15%, untuk jalan di atas timbunan, medan datar dengan kerb.

b. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditetapkan untuk berbagai variasi kecepatan rencana dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya pembangunan sangat memaksa dan hanya untuk jarak pendek. Untuk nilai kelandaian maksimum dapat dilihat pada Tabel

Tabel 2. 16 Kelandaian Maksimum

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

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

c. Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatan sedemikian rupa, sehingga penurunan

kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (VR). Lama perjalanan tersebut tidak lebih dari satu menit (Hamirhan Saodang, 2004).

y' = besarnya penyimpangan/defleksi (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkungan

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

$$y = \frac{(g^2 - g_1)}{200 \cdot L_v} x^2 \dots\dots\dots 2.40$$

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), (%)

L_v = Panjang lengkung vertikal (m)

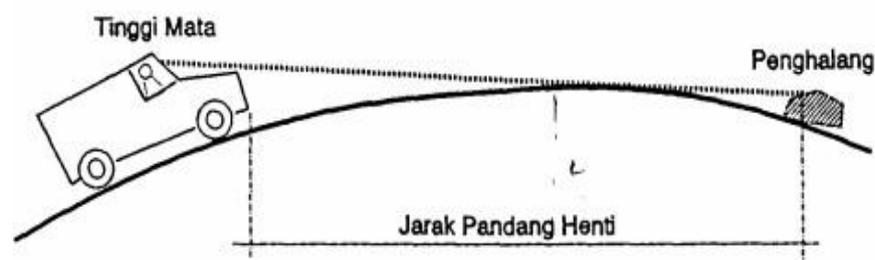
Untuk $x = \frac{1}{2} L_v$, maka $y' = E_v$ dirumuskan sebagai berikut:

$$E_v = \frac{(g^2 - g_1)}{800} L_v \dots\dots\dots 2.41$$

Lengkung vertikal terbagi menjadi 2 macam, yaitu:

a. Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan.



Gambar 2. 14 Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung vertikal cembung (LV), dapat diperoleh dengan rumus: Panjang L_v berdasarkan J_h . (dalam meter)

$$J_h < L, \text{ maka } L_v = \frac{A \cdot J_h^2}{399} \dots\dots\dots 2.42$$

$$J_h > L, \text{ maka } L_v = 2J_h - \frac{399}{A} \dots\dots\dots 2.43$$

Panjang L berdasarkan J_d . (dalam meter)

$$J_d < L, \text{ maka } L_v = \frac{A \cdot J_d^2}{840} \dots\dots\dots 2.44$$

$$J_d > L, \text{ maka } L_v = 2J_d - \frac{840}{A} \dots\dots\dots 2.45$$

Keterangan :

J_h = jarak pandang henti (m)

J_d = jarak pandang mendahului (m)

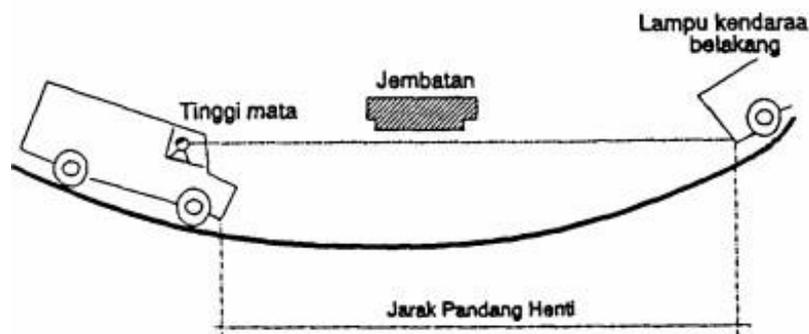
g_1, g_2 = kemiringan / tangent (%)

L_v = panjang lengkung (m)

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

b. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.



Gambar 2. 15 Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung (L), dapat diperoleh dengan rumus: Panjang L berdasarkan Jh. (dalam meter)

$$Jh < L, \text{ maka } L = \frac{A.Jh^2}{120+3,5 Jh} \dots\dots\dots 2.46$$

$$Jh > L, \text{ maka } L = 2Jh - \frac{120+3,5 Jh}{A} \dots\dots\dots 2.47$$

Keterangan:

Jh = jarak pandang henti (m)

Jd = jarak pandang mendahului / menyiap (m) g1, g2 = kemiringan tangent (%)

Lv = panjang lengkung (m)

A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%) dimana $A = g1 \pm g2$

2.9 Perencanaan Galian dan Timbunan

Dalam merencanakan suatu ruas jalan raya diusahakan agar pada pekerjaan tanah dasar volume galian seimbang dengan volume timbunan. Hal ini bertujuan agar jumlah kebutuhan tanah timbunan dapat dipenuhi oleh tanah dari hasil galian yang ada dilokasi tersebut. Untuk memperoleh hasil perhitungan yang logis, ada beberapa langkah yang perlu dilakukan, yaitu:

- a. Penentuan jarak patok (stationing), sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal.
- b. Penggambaran profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan elevasi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- c. Penggambaran profil melintang (cross section) pada setiap titik stationing, sehingga didapatkan luas bagian galian ataupun timbunan.
- d. Penghitungan volume galian dan timbunan, yaitu dengan mengalikan luas

rata-rata dari penampang galian atau timbunan dengan jarak antar stationing tersebut.

2.10 Perencanaan Perkerasan Jalan

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000 : 208) Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (subgrade), yang berfungsi untuk menopang beban lalu-lintas. Berdasarkan suatu bahan pengikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

- a. Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)
- b. Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang, atau bahan-bahan yang bersifat kaku
- c. Perkerasan Lentur (Flexibel Pavement)

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

- d. Perkerasan Komposit (Composite Pavement)

Perkerasan komposit yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dimana letak lapisan perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau lapisan perkerasan kaku berada di atas lapisan lentur.

2.10.1 Persyaratan Teknis

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 %.

Penelitian nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara grafis dan analisi.

1) Cara Grafis

Langkah-langkah pengerjaannya sebagai berikut :

- a) Tentukan nilai CBR terendah
- b) Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR dan kemudian disusun secara tabel garis mulai dari nilai CBR terkecil sampai terbesar.
- c) Angka terbanyak diberi nilai 100% angka yang lain merupakan presentase dari 100%.
- d) Buat curva hubungan antara harga CBR dan presentase jumlah tadi
- e) Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%

2) Cara Analis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$\text{CBR segmen} = \frac{\text{CBR rata-rata} - \text{CBRmin}}{R} \dots\dots\dots 2.48$$

Nilai R tergantung dari jumlah data CBR yang terdapat dalam satu segmen.

Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.18.

Tabel 2. 18 Nilai R untuk Perhitungan CBR

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

(Sumber: Sukirman, 1993)

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 pumpling pada sambungan pada tepi - tepi pelat beton.

Bahan pondasi bawah dapat berupa:

1) Bahan berbutir

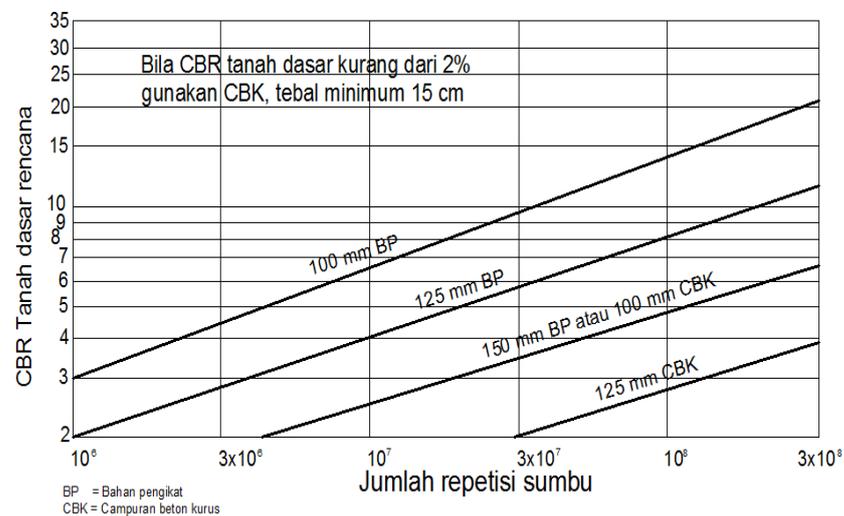
Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3%-5%.

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

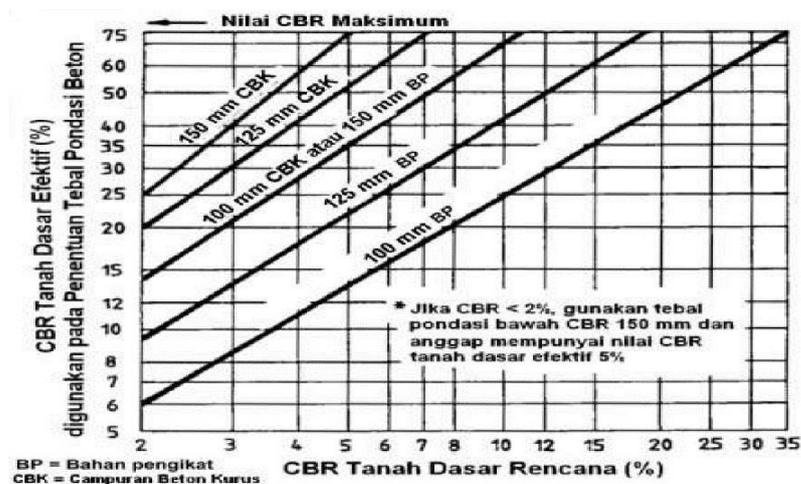
Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm²).

3) Campuran beton kurus (Lean Mix Concrete)

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. Lapis Pondasi Bawah



Gambar 2. 16 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen



Gambar 2. 17 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

c. Beton Semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (flexural strength) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa (30-50 kg/cm²). Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut:

$$F_{cf} = K (f_c)^{0.50} \text{ dalam Mpa atau} \dots\dots\dots 2.49$$

$$F_{cf} = 3,13 K (f_c)^{0.50} \text{ dalam Mpa} \dots\dots\dots 2.50$$

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 Basah

d. Lalu Lintas

Penentuan beban lalu lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (commercial vehicle), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalulintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. 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)

e. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel.2.19

Tabel 2. 19 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi

Lebar perkerasan (Lp)	Jumlah lajur (nl)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
Lp < 5,50 m	1 lajur	1	1
5,50 m ≤ Lp < 8,25 m	2 lajur	0,70	0,50
8,25 m ≤ Lp < 11,25 m	3 lajur	0,50	0,475
11,23 m ≤ Lp < 15,00 m	4 lajur	-	0,45
15,00 m ≤ Lp < 18,75 m	5 lajur	-	0,425
18,75 m ≤ Lp < 22,00 m	6 lajur	-	0,40

(Sumber: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2003)

f. Umur Rencana

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

g. Pertumbuhan Lalu Lintas

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

$$R = \frac{1+i^{ur}-1}{i} \dots\dots\dots 2.51$$

Dimana:

R= faktor pertumbuhan lalulintas

i = laju pertumbuhan lalulintas pertahun dalam % umur rencana (tahun)

Tabel 2. 20 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

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

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan,2017)

h. Lalu Lintas Rencana

Lalulintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survei beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut:

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots 2.52$$

Dimana:

JSKN = Jumlah sumbu kendaran niaga selama umur rencana

JSKNH =Jumlah sumbu kendaran niaga harian, pada saat jalan dibuka.

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

C = Koefisien distribusi kendaraan

i. Faktor Keamanan Beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan.

Tabel 2. 21 Faktor Keamanan Beban (Fkb)

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

(Sumber: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2003)

2.10.2 Bahu Jalan

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini adalah bahu yang dikunci dan diikatkan dengan lajur lalu lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu lintas selebar 0,60 m yang juga dapat mencakup saluran dan kerb.

2.10.3 Sambungan

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

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

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

1) Sambungan memanjang dengan Batang Pengikat (tiebars)

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

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

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

Dimana :

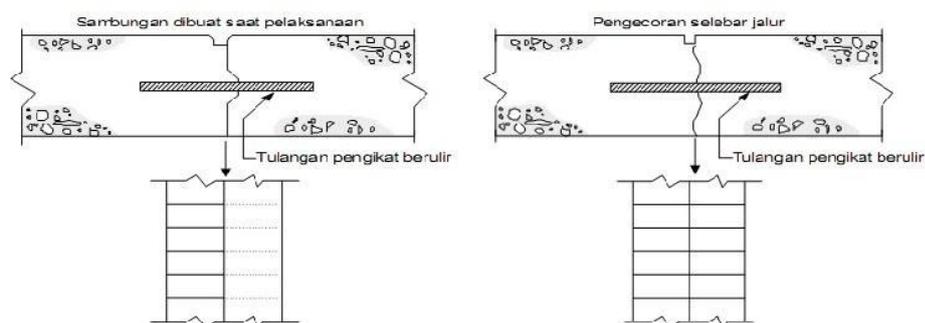
A_t = Luas penampang tulangan permeter panjang sambungan (mm²)

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

h = Tebal pelat (m).

I = Panjang batang pengikat (mm)

ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm)



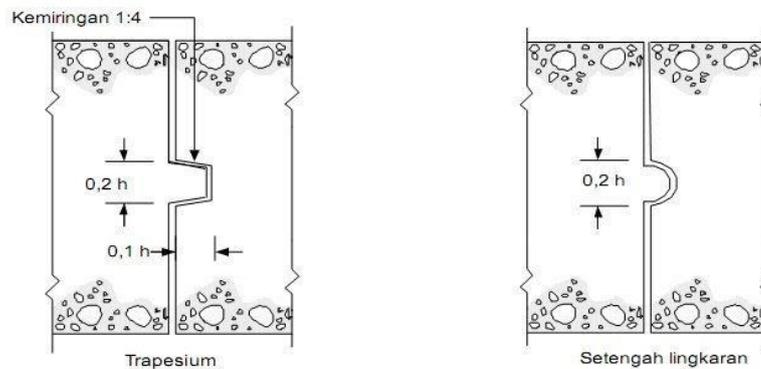
Gambar 2. 18 Tipikal Sambungan Memanjang

(Sumber: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2003)

2) Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk

trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.19.



Gambar 2. 19 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

(Sumber: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2003)

3) Sambungan Susut Memanjang

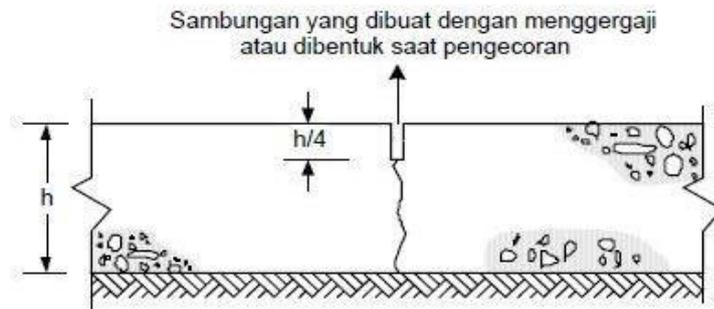
Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

4) Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

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

5) Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.20 dan Gambar 2.21.



Gambar 2. 20 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji

(Sumber: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2003)



Gambar 2. 21 Sambungan Susut Melintang dengan Ruji

(Sumber: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2003)

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4-5 m, sedangkan perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8-15m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos yang memiliki panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas saat pelat beton menyusut. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton dapat dilihat pada tabel 2.22

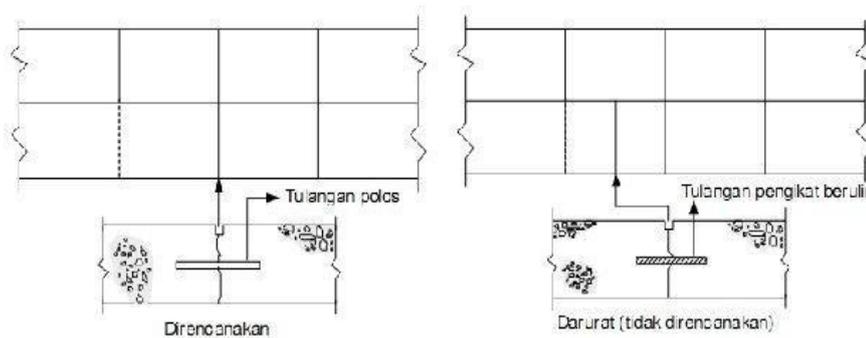
Tabel 2. 22 Diameter Ruji

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

(Sumber: Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

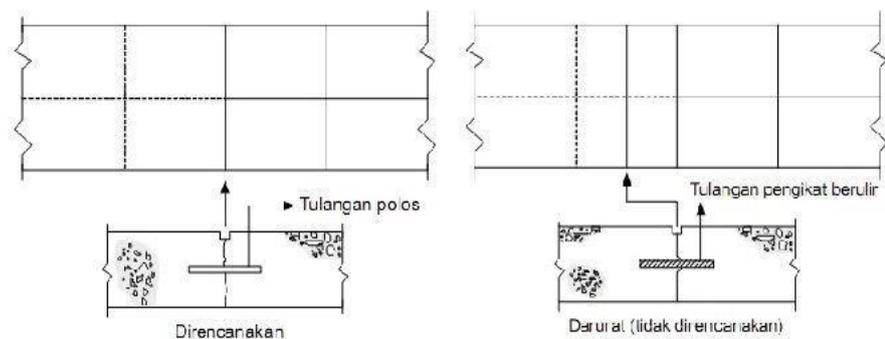
6) Sambungan Pelaksanaan Melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat.



Gambar 2. 22 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur

(Sumber: Departemen Permukiman Dan Prasnana Wilayah, 2003)

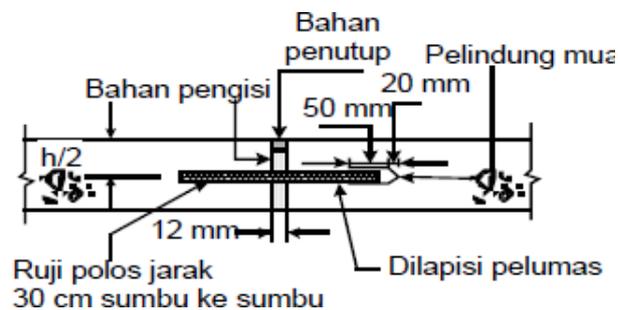


Gambar 2. 23 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

(Sumber: Departemen Permukiman Dan Prasnana Wilayah, 2003)

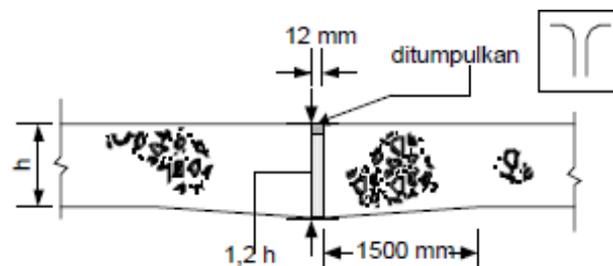
7) Sambungan Isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya manhole, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (joint sealer) setebal 5–7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (joint filler) sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.24



Gambar 2. 24 Sambungan isolasi dengan ruji

(Sumber: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2003)



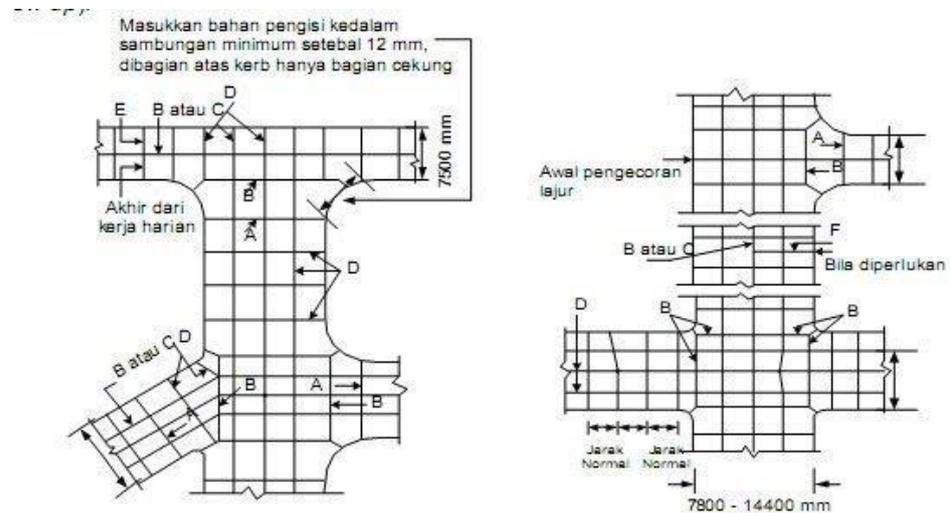
Gambar 2. 25 Sambungna Isolasi Dengan Penebal Tepi

(Sumber: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2003)

8) Penutup Sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan. Benda-benda lain yang masuk ke dalam sambungan dapat menyebabkan

kerusakan berupa gompal dan atau pelat beton yang saling menekan ke atas (low up).



Gambar 2. 26 Detail Potongan Melintang Sambungan Perkerasan

(Sumber: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2003)

Keterangan:

A = Sambungan Isolasi

B = Sambungan Pelaksanaan Memanjang

C = Sambungan Susut Memanjang

D = Sambungan Susut Melintang

E = Sambungan Susut Melintang yang direncanakan

F = Sambungan Pelaksanaan Melintang yang tidak direncanakan

2.10.4 Perencanaan Tebal Pelat

Tebal minimum pelat untuk perkerasan kaku adalah 150 mm kecuali perkerasan bersambung tidak bertulang tanpa ruji (dowel), tebal minimum harus 200 mm. Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalulintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100% tebal taksiran dinaikkan dan proses perencanaan diulangi.

Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%. Dalam menghitung tebal plat beton digunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$\text{Rencana per roda} = \frac{\text{beban sumbu kN} \cdot \text{faktor keamanan}}{\text{jumlah sumbu roda}} \dots\dots\dots 2.56$$

$$\text{FRT STRT,STRG,STdRG} = \frac{TE}{fcf} \dots\dots\dots 2.57$$

Dimana:

FRT = Faktor rasio tegangan

TE = Tegangan ekivalen

fcf = Kuat tarik lentur, Kg/cm²

STRT = Sumbu tunggal roda tunggal

STRG = Sumbu tunggal roda ganda

STdRG = Sumbu tandem roda ganda

2.10.1 Perencanaan Tulangan

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

a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada kemungkinan penulangan perlu dipasang guna mengendalikan retak.

Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada:

- 1) Pelat dengan bentuk tak lazim (odd-shaped slabs), pelat disebut besar dari 1,25 atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang. tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih,
- 2) Pelat dengan sambungan tidak sejalur (mismatched joints),

3) Pelat berlubang (pits or structures).

b. Perkerasan Beton Semen Bersambung dengan Tulangan :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot m \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \dots\dots\dots 2.58$$

Dimana :

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

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

g = gravitasi (m/detik)

h = tebal pelat beton (m)

L = jarak antara sambungan yang tidak diikat / tepi bebas pelat (m)

μ = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Adapun nilai koefisien gesek antara pelat beton (slab) dengan lapisan pondasi dibawahnya dapat dilihat pada Tabel 2.23.

Tabel 2. 23 Koefisien Gesekan Pelat Beton dengan Lapisan Pondasi Bawah

No	Tipe Material Di bawah Slab	Koefisien Gesekan (μ)
1	Burtu, Lapen dan Konstruksi Sejenis	2,2
2	Aspal Beton, Lataston	1,8
3	Stabilitas Kapur	1,8
4	Stabilitas Aspal	1,8
5	Stabilitas Semen	1,8
6	Koral sungai	1,5
7	Batu Pecah	1,5
8	Sirtu	1,2
9	Tanah	0,9

(Sumber: SKBI 2.3.28.1988)

c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

1) Penulangan Memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen bertulang menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$P_s = 100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\mu) f_{yt} - n f_{ct} \dots\dots\dots 2.59$$

Dimana:

Ps = persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang %

Fct = kuat Tarik langsung beton = (0,4-0,5 fct) (kg/cm²)

Fy = tegangan leleh rencana baja (kg/cm²)

N = angka ekuivalensi antara baja dan beton (Es/Ec)

M = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya

Es = modulus elastisitas baja = 2,1 x 10⁶ (kg/cm²)

Ec = modulus elastisitas beton = 1485 √fc (kg/cm²)

Tabel 2. 24 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekuivalen Baja/Beton (n)

f ^c (kg/cm ²)	N
175 - 225	10
235 - 285	8
290 - ke atas	6

(Sumber: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2003)

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut:

$$Lcr = fcr2N.P2FB.(S.Ec-fct) \dots\dots\dots 2.60$$

Dimana :

Lcr = jarak teoritis antara retakan (cm)

P = perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton

u = perbandingan keliling terhadap luas tulangan = 4/d

fb = tegangan lekat antara tulangan dengan beton = (1,97√fc)/d.(kg/cm²)

S = koefisien susut beton = (400.10⁻⁶)

Fct = kuat tarik langsung beton = (0,4-0,5 fcf) (kg/cm²)

N = angka ekuivalensi antara baja dan beton = (Es/Ec)

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

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

2) Penulangan melintang

Luas tulangan melintang (A_s) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan. Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut:

- a) Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm,
- b) Jarak maksimum tulangan dari sumbu ke sumbu 75 cm.

3) Penempatan tulangan

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

2.11 Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap jalan merupakan bagian dari jalan yang dibangun untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan yang mungkin terjadi pada permukaan jalan yang nantinya akan berdampak pada kenyamanan pemakai jalan. Menurut Hendarsain (2009: 309) bangunan pelengkap jalan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

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

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

2.11.1 Drainase

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

a. Drainase permukaan

Drainase permukaan berfungsi mengalirkan air hujan yang ada dipermukaan perkerasan dan mencegah air agar tidak merusak lapisan perkerasan jalan.

Menurut fungsinya drainase permukaan dibedakan menjadi:

1) Saluran samping

Saluran samping adalah saluran yang berada di sisi jalan yang dapat langsung menampung air dari badan jalan dan mengalirkannya keluar dari badan jalan.

2) Saluran pembuang

Saluran pembuang berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran samping ke tempat pembuangan yang lebih rendah seperti sungai, rawa atau kolam.

3) Saluran penangkap

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

4) Gorong-gorong

Gorong-gorong adalah saluran melintang dan memotong badan jalan yang berada dibawah permukaan jalan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sisi jalan ke sisi jalan lainnya.

5) Drainase bawah

Drainase bawah harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum pekerjaan badan jalan karena letaknya ada dibawah permukaan jalan yang

biasa berfungsi penunjang utama dalam mengalirkan air.

2.11.2 Perencanaan Teknis Drainase

Menurut Perencanaan Sistem Drainase Jalan, Departemen PU (2006), hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan adalah sebagai berikut:

- a. Plot rute jalan di peta topografi (L)
 - 1) Plot rute jalan rencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.
 - 2) Kondisi terrain pada daerah layanan diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi pola aliran.

- b. Panjang segmen saluran (L)

Penentuan panjang segmen saluran (L) didasarkan pada:

- 1) Kemiringan rute jalan, disarankan saluran mendekati kemiringan rute jalan.
- 2) Adanya tempat buangan air seperti badan air (sungai, waduk, dll).
- 3) Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis.

- c. Luas daerah layanan (A)

- 1) Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.
- 2) Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping diperlukan untuk mengetahui daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan.
- 3) Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A1), luas bahu jalan (A2) dan luas daerah di sekitar (A3).

- 4) Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya.
- 5) Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncak bukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A3).

d. Koefisien pengaliran (C) dan faktor limpasan (fk)

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 Pd. T-02-2006-8 tentang perencanaan Drainase Jalan nilai C dengan berbagai kondisi permukaan, dapat dihitung atau ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$C = \frac{C1.A1+C2.A2+C3.A3}{A1+A2+A3} = \dots\dots\dots 2.61$$

Dimana :

C1, C2, C3 = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A1, A2, A3 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

Fk = Faktor limpasan sesuai guna lahan

Tabel 2. 25 Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	BAHAN		
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95	
2	Jalan krikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70	
3	Bahu jalan:		

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
	dari tanah berbutir halus	0,40– 0,65	
	dari tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	
	dari batuan masif keras	0,70 – 0,85	
	dari batuan masif lunak	0,60 – 0,75	
	TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1,5
3	Daerah industry	0,60 – 0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,20 – 0,40	0,2
7	Persawahan	0,45 – 0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

(Sumber: Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

e. Waktu Konsentrasi (Tc)

Waktu terpanjang menyalurkan aliran yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan air secara simultan (run off) setelah melewati titik-titik tertentu. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus berikut:

$$T_c = t_1 + t_2 \text{ atau } T_c = t_o + t_d = \dots\dots\dots 2.62$$

$$t_1 = \frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot L_o \cdot \frac{nd}{\sqrt{is}} \dots\dots\dots 2.63$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \cdot V} \dots\dots\dots 2.64$$

Dimana :

Tc = Waktu konsentrasi (menit)

t1/to = Waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t2/td = Waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

lo = Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = Panjang saluran (m)

Nd = Koefisien hambatan

is = Kemiringan saluran memanjang

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

Tabel 2. 26 Koefisien hambatan (nd) berdasarkan kondisi permukaan

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

(Sumber: *Perencanaan Drainase Jalan*, 2006)

f. Analisa Hidrologi

1) Data curah hujan

- a) Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yaitu stasiun curah hujan yang terletak pada daerah layanan saluran samping jalan.
- b) Jika daerah layanan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat digunakan data dari stasiun di luar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir.

2) Periode ulang

Periode ulang untuk pembangunan saluran drainase ditentukan 5

tahun, disesuaikan dengan peruntukannya.

3) Intensitas curah hujan

Adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Dalam perhitungan ini metode yang digunakan adalah metode Gumbel adapun rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} \dots\dots\dots 2.65$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots 2.66$$

$$R = \bar{X} + \frac{(Yt - Yn)}{Sn} \cdot Sr \dots\dots\dots 2.67$$

Dimana :

\bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm)

Sx = Standar deviasi

R = Curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun (mm)

Xi = curah hujan rata-rata hasil pengamatan (mm)

Yn = Reduced mean, fungsi dari banyaknya data (n)

Sn = Reduced standar deviasi (n)

Yt = Reduced variabel, parameter gumbel periode tahun

N = lamanya pengamatan

4) Intensitas Curah Hujan Maksimum

Untuk menghitung intensitas curah hujan maksimum digunakan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{R^{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots 2.68$$

Dimana :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

T = waktu curah hujan (jam)

R24 = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

Tabel 2. 27 Nilai Reduce Variate (Yt)

Periode Ulang	Reduce Variate
2	0.3665
5	14.999
10	22.502
20	29.606
25	31.985
50	39.019
100	46.001
200	52.960
500	62.140
1000	69.190
5.000	85.390
10000	99.210

(Sumber: Soemarto, 1999)

g. Debit Aliran

Untuk menghitung debit aliran air (Q) menggunakan rumus:

$$Q = \frac{I}{3,6} \times C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots 2.69$$

Dimana:

Q = Debit aliran air (m³/detik)

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

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah layanan (km) terdiri atas A_1, A_2, A_3

2.11.3 Kriteria Perencanaan Saluran Samping dan Gorong – Gorong

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

a. Saluran samping

Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut. Adapun aliran yang diizinkan terdapat pada Tabel 2.28

Tabel 2. 28 Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan

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

(Sumber: *Perencanaan Sistem Drainase, 2006*)

Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada tabel 2.29.

Tabel 2. 29 Kekerasan saluran Permukaan Manning

Saluran	Keterangan	n Manning
	Lurus, baru, seragam, landai & bersih	0,016 – 0,033
	Berkelok, landai dan berumput	0,023 – 0,040

Saluran	Keterangan	n Manning
Tanah	Tidak terawat dan kotor	0,050 – 0,140
	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0,035 – 0,045
Pasangan	Batu kosong	0,023 – 0,035
	Pasangan batu belah	0,017 – 0,030
Beton	Halus, sambungan baik dan rata	0,014 – 0,018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,018 – 0,030

(Sumber: *Perencanaan Sistem Drainase*, 2006)

b. Gorong – Gorong

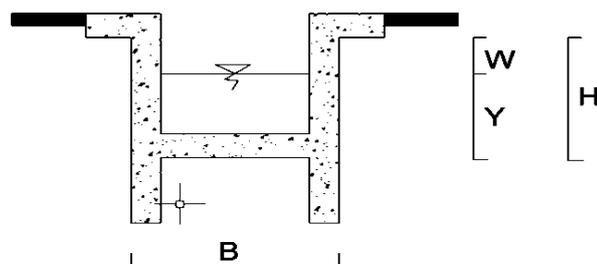
Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase yang mengalirkannya, dengan dimensi yang harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien dan dibuat dengan tipe permanen. Dimensi gorong-gorong yang biasa digunakan adalah bentuk persegi. Gorong-gorong ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan jalan, sehingga pada

prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat isinya diambil terbatas dengan lebar perkerasan jalan yang umum yaitu 3,5 ; 4,5 ; 6 dan 7 meter.

2.11.4 Desain saluran Samping dan Gorong – Gorong

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

1. Saluran berbentuk persegi (saluran samping)



Gambar 2. 27 Sketsa Saluran Berbentuk Persegi

Rumus dimensi saluran samping :

$$A_d = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots 2.70$$

$$V = K_{st} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/3} \dots\dots\dots 2.71$$

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots 2.72$$

Penampang ekonomis :

$$b = 2 \times h \dots\dots\dots 2.73$$

$$A_d = b \times h$$

$$= 2h \times H = 2h^2 \dots\dots\dots 2.74$$

Tinggi jagaan

$$W = 0,5 \cdot \frac{1}{2} y \dots\dots\dots 2.75$$

Keterangan :

A = luas penampang melintang (m²)

b = lebar saluran (m)

p = keliling basah (m)

T = lebar puncak (m)

Y = kedalaman saluran yang tergenang air (m)

D = kedalaman hidrolis (m)

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

I = kemiringan dasar saluran

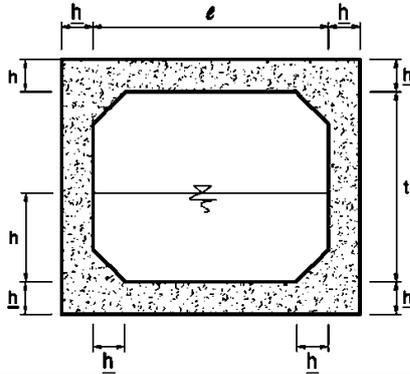
Q = debit aliran air (m³/detik)

Z = perbandingan kemiringan talud

W = tinggi jagaan (m)

h = tinggi muka air (m)

2. Gorong-gorong berbentuk persegi (box culvert)



Rumus :

$$A = Q/V \dots\dots\dots 2.76$$

$$B = 2h \dots\dots\dots 2.77$$

$$A = 1 \times h \dots\dots\dots 2.78$$

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

Tinggi jagaan

$$W = 0,5 \cdot \frac{1}{2} y \dots\dots\dots 2.80$$

Dimana :

A = luas penampang melintang (m²)

L = lebar saluran (m)

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

W = tinggi jagaan

H = tinggi muka air (m)

H = tebal penampang saluran (cm)

I = intensitas curah hujan

3. Aliran Debit Rencana *Box Culvert*

Perhitungan aliran debit rencana dapat dihitung dengan rumus:

$$QMS1 = L \times ts \times wc \dots\dots\dots 2.81$$

$$QMS2 = V \times wc \dots\dots\dots 2.82$$

$$VMS = 1/2 \cdot QMS \cdot B \dots\dots\dots 2.83$$

$$MMS = 1/8 \cdot QMS \cdot B^2 \dots\dots\dots 2.84$$

$$VMA = 1/2 \cdot QMA \cdot L \dots\dots\dots 2.85$$

$$MMA = 1/8 \cdot QMA \cdot L^2 \dots\dots\dots 2.86$$

$$QTD = q \times L \dots\dots\dots 2.87$$

$$PTD = (1+DLA) \times p \times L \dots\dots\dots 2.88$$

$$VTD = 1/2 \cdot (QTD \cdot L + PTD) \dots\dots\dots 2.89$$

$$MTD = 1/8 \cdot QTD \cdot L^2 + 1/4 \cdot PTD \cdot L \dots\dots\dots 2.90$$

$$VTT = 1/2 \cdot PTT \dots\dots\dots 2.91$$

$$MTT = 1/2 \cdot PTT \cdot 1/2 \cdot L \dots\dots\dots 2.92$$

Dimana:

QMS : Berat sendiri pelat rigid pavement (kN/m)

B : Lebar saluran (m)

ts : Tebal pelat (m)

wc : Berat jenis beton bertulang (kN/m³)

V : Volume box culvert (m³)

L : Lebar jalan (m)

VMS : Gaya geser (kN)

MMS : Momen akibat berat sendiri (kN.m)

VMA : Gaya geser beban mati (kN)

MMA : Momen beban mati (kN.m)

QTD : beban lajur pada saluran (kN/m)

VTT : Gaya geser maksimum akibat beban (kN)

MTT : Momen maksimum akibat beban (kN.m)

4. Penulangan *Box Culvert*

Untuk perhitungan penulangan box culvert digunakan rumus:

$$\frac{Mu}{\phi b d^2} = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{\rho \cdot f_y}{1,7 f_c}\right) \dots \dots \dots 2.93$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots \dots \dots 2.94$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \dots \dots \dots 2.95$$

$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d \dots \dots \dots 2.96$$

$$S = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{As} \dots \dots \dots 2.97$$

Dimana:

f_c' : mutu beton (25 Mpa)

f_y : Mutu baja (MPa)

S : Jarak tulangan (mm)

D : Diameter tulangan (mm)

b : Lebar pelat (mm)

h : Tebal pelat (mm)

d' : Tebal selimut beton (mm)

d : Tebal efektif pelat (mm).

2.12 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari mulai hingga berakhirnya proyek untuk menjamin

pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu (Wulfram I. Ervianto, 2005).

Adapun yang akan direncanakan adalah sebagai berikut:

a. RKS (Rencana Kerja dan Syarat)

Sebagai kelengkapan dari dokumen tender, Rencana Kerja dan Syarat (RKS) ditempatkan sebagai dokumen penting selain gambar rencana, karena menentukan kepentingan dari berbagai pihak yang akan terlibat dalam realisasi pekerjaan, dimulai sejak tahap awal dari proses realisasi ide dari pemilik proyek (owner).

1) Syarat-syarat umum

Menjelaskan pasal – pasal yang berisi tentang proyek tersebut dari awal sampai akhir proyek tersebut. Syarat – syarat administrasi.

2) Syarat-syarat administrasi

3) Dalam peraturan administrasi dibedakan antara peraturan administrasi keuangan dan teknis.

- Administrasi keuangan mencakup hal – hal sebagai berikut:
Harga penawaran termasuk didalamnya biaya pelelangan, ketentuan apabila terjadi pekerjaan tambah kurang, persyaratan yang harus dipenuhi dari setiap jenis jaminan yang digunakan, ketentuan denda yang disebabkan karena keterlambatan, kelalaian pekerjaan, pemutusan kontrak dan pengaturan pembayaran kepada kontraktor, resiko akibat kenaikan harga upah dan bahan.
- Administrasi Teknis memuat hal – hal sebagai berikut:
ketentuan apabila terjadi perselisihan beserta cara-cara penyelesaian, syarat
- syarat penawaran, ketentuan penyampaian dokumen penawaran dan sampul penawaran, syarat peserta lelang dan sanksi yang harus diberikan apabila terjadi pelanggaran, hak

sanggah dan kegagalan pelelangan, serta persyaratan pengadaan subkontraktor dan kualifikasi.

4) Syarat teknis

Rincian dari setiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan dimulai pekerjaan persiapan sampai dengan finishing. Bisa juga disebut Metode Kerja Pelaksanaan Pekerjaan, bahan – bahan yang akan digunakan beserta persyaratan.

b. RAB (Rencana Anggaran Biaya)

Rencana Anggaran Biaya merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya. Dalam perencanaan anggaran biaya perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari setiap pekerjaan agar jelas jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

1) Perhitungan Volume Pekerjaan

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

2) Perhitungan Produktifitas Kerja Aktual

Menghitung produksi kerja aktual (PKA) adalah menentukan angka perkiraan produksi kerja dengan mempertimbangkan semua faktor yang mempengaruhinya

3) Perhitungan Biaya Sewa Alat

Dalam pekerjaan yang besar seperti pekerjaan kontruksi selalu digunakan alat berat. Untuk operasi dengan alat – alat berat harus dipertimbangkan biaya – biaya yang disediakan untuk penggunaan alat, waktu yang harus disesuaikan, keuntungan yang diperoleh dan pertimbangan lainnya. Biaya untuk alat berat dapat dihitung dengan perkiraan yang dapat dipertanggung jawabkan. Biaya tersebut yaitu terdiri dari:

a) Biaya kepemilikan

Adalah biaya alat yang harus diperhitungkan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri

b) Biaya operasi

Adalah biaya yang dikeluarkan selama alat tersebut digunakan. Biaya operasi ini meliputi bahan bakar, minyak pelumas, pergantian ban dan perbaikan atau pemeliharaan serta penggantian suku cadang khusus

4) Analisa Harga Satuan

Analisa satuan harga adalah perhitungan – perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan – pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

5) Perhitungan Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikan dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya. Biasanya untuk pekerjaan yang dilaksanakan oleh Instansi Pemerintah dalam rekap tersebut sudah dimasukkan pajak serta keuntungan dari kontraktor.

c. Rencana Pelaksanaan

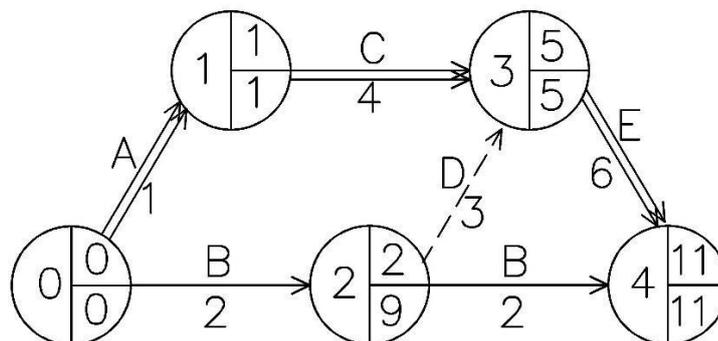
1) NWP

Dalam Network planning dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian – bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu

selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa – gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ketempat lain.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah:

- a) Merencanakan, scheduling dan mengawasi proyek secara logis
- b) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek
- c) Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan secara scheduling (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu.
- d) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur – jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.



Gambar 2. 28 Sketsa Network Planning

Keterangan :

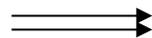
—————>= (Arrow) anak panah, merupakan pekerjaan atau tugas di mana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resource tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.



= (Node / event) lingkaran, yang berarti saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini merupakan permulaan atau akhir dari suatu kegiatan



= (Dummy) anak panah dengan garis putus-putus, artinya kegiatan semu atau aktifitas semu.



= Jalur kritis, jalur terpanjang dalam suatu network diagram yang menentukan waktu pelaksanaan proyek, dan apabila terjadi keterlambatan akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan

A, B, C, D = Merupakan kegiatan.

2) Barchart

Barchart, berupa diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu dapat menunjukkan lamanya penggunaan suatu alat dan bahan yang diperlukan sehingga tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

Tabel 2. 30 Contoh Barchart

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

3) Kurva S

Dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan sampai akhir pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara pekerjaan dengan harga total keseluruhan.

