

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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. Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, suatu ruas jalan dapat diklasifikasikan berdasarkan segi peninjauannya, yaitu berdasarkan segi pelayanan, segi pengawasan dan pendanaan serta berdasarkan fungsinya. Namun perlu diingat bahwa pada keadaan sehari-hari pembagian kelas jalan ini tidaklah nyata seperti dalam konsep tersebut.

2.1.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Pelayanan

Jalan raya dapat digolongkan dalam klasifikasi berdasarkan pelayanannya yang mana mencakup dua golongan meliputi :

- a. Jalan sosial/ekonomi (Jalan Umum); yaitu jalan raya yang diperuntukkan melayani aktifitas sosial dan perekonomian masyarakat.
- b. Jalan politik/militer (Jalan Khusus /jalan strategi); yaitu jalan yang diperuntukkan melayani aktifitas politik dan militer. Pada ruas jalan ini aktifitas-aktifitas lainnya tidak diperkenankan dan sangat tertutup.

2.1.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Pengawasan dan Pendanaan

Jalan raya dapat digolongkan dalam klasifikasi berdasarkan pengawasan dan pendanaan yang mana mencakup beberapa golongan meliputi :

- a. Jalan nasional; Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
- b. Jalan provinsi; Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.

- c. Jalan kabupaten; Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk dalam jalan nasional dan jalan provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.
- d. Jalan kota; Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang menghubungkan antarpusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antara persil, serta menghubungkan antarpusat permukiman yang berada di dalam kota.
- e. Jalan desa; Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

2.1.3 Klasifikasi Jalan Menurut Sistem Jaringan

Sistem jaringan jalan merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terjalin dalam hubungan hirarki.

- a. Sistem jaringan jalan primer; Sistem jaringan jalan primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan sebagai berikut:
 - 1) Menghubungkan secara menerus pusat kegiatan nasional, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan lokal sampai ke pusat kegiatan lingkungan;
 - 2) Menghubungkan antar pusat kegiatan nasional.
- b. Sistem jaringan jalan sekunder; Sistem jaringan jalan sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil.

2.1.4 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsi

Jalan raya dapat digolongkan dalam klasifikasi berdasarkan fungsinya yang mana mencakup dua golongan meliputi :

- a. Jalan arteri; Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
- b. Jalan kolektor; Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. 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.
- d. Jalan lingkungan; Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2.1.5 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan (**Pasal 11 PP No.43/1993**), sebagai berikut:

- a. Jalan kelas I, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton;
- b. Jalan kelas II, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 10 ton;
- c. Jalan kelas III A, yaitu jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton;

- d. Jalan kelas III B, yaitu jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton;
- e. Jalan kelas III C, yaitu jalan lokal yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	IIIA	8
	III B	8
	III C	8

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

2.1.6 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus memperhitungkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

Klasifikasi jalan berdasarkan medan dan besarnya kemiringan medan jalan sebagai berikut:

Tabel. 2.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Medan Jalan

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

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

2.2 Kecepatan Rencana (VR)

VR adalah kecepatan rencana pada suatu ruas jalan 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, VR untuk masing – masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari tabel :

Tabel. 2.3 Kecepatan Rencana (Vr) Sesuai Klasifikasi dan Klasifikasi Medan

FUNGSI JALAN	KECEPATAN RENCANA VR (Km / Jam)		
	DATAR	BUKIT	GUNUNG
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

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

Catatan : Untuk kondisi medan yang sulit, VR suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km / jam.

2.3 Bagian-bagian Jalan

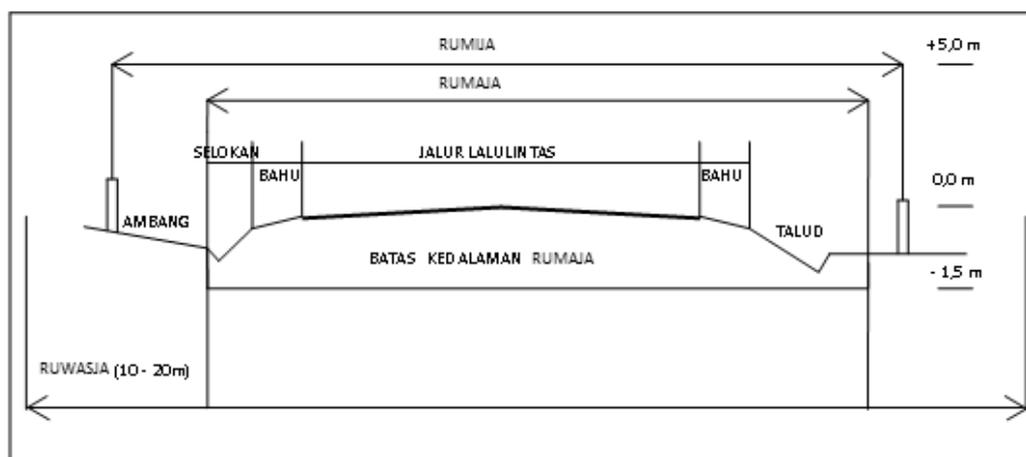
Suatu jalan raya terdiri dari bagian-bagian jalan, dimana bagian-bagian jalan tersebut, dibedakan berdasarkan :

a. Ruang manfaat jalan (Rumaja)

Ruang manfaat jalan (Rumaja) yaitu ruang yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman. Ruang manfaat jalan (Rumaja) dibatasi antara lain oleh :

- 1) Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan

- 2) Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan
 - 3) Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan
- b. Ruang milik jalan (Rumija)
- Ruang milik jalan (Rumija) adalah ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan Rumaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.
- c. Ruang pengawasan jalan (Ruwasja)
- Ruang pengawasan jalan (Ruwasja) adalah ruang sepanjang jalan diluar Rumaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, dengan ketentuan sebagai berikut :
- 1) Jalan arteri minimum 20 meter
 - 2) Jalan kolektor minimum 15 meter
 - 3) Jalan lokal minimum 10 meter
- Untuk keselamatan pengguna jalan Ruwasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas.



Gambar 2.1 Rumaja, Rumija, Ruwasja

Dalam pembuatan jalan, ditentukan juga trase jalan yang harus ditetapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pemakainya. Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal maka harus memenuhi syarat-syarat berikut ini :

a. Syarat ekonomis

Didalam perencanaan yang menyangkut syarat-syarat ekonomis sebagai berikut :

- 1) Penarikan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga tidak memakan biaya yang banyak untuk pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan.
- 2) Penyediaan material dan tenaga kerja yang diharapkan tidak terlalu jauh dari lokasi proyek, sehingga meminimalkan biaya.

b. Syarat teknis

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

2.4 Alinemen Horizontal

Alinemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinemen horizontal dikenal juga dengan nama “situasi jalan” atau “trase jalan”. Alinemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja atau busur lingkaran saja.

2.4.1 Panjang Bagian Lurus

Panjang bagian lurus dari suatu ruas jalan harus dapat ditempuh dalam waktu ≤ 2.5 menit (sesuai V_r), dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat kelelahan.

Tabel. 2.4 Panjang Bagian Lurus Maksimum

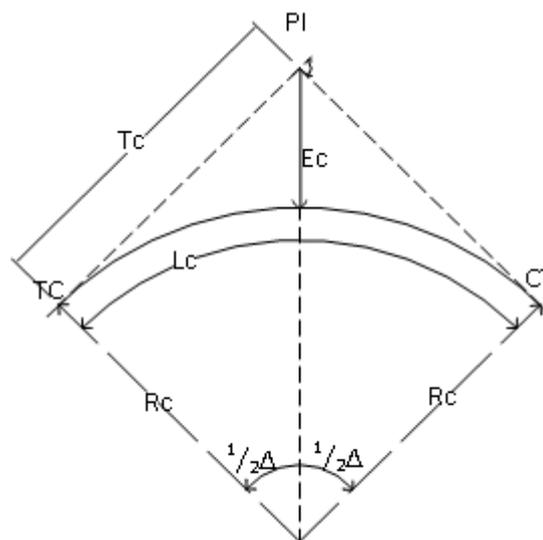
Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

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

2.4.2 Jenis-jenis Tikungan

a. Tikungan *Full-Circle*

Tikungan ini hanya terdiri dari bagian lingkaran tanpa adanya bagian peralihan. Lengkung ini digunakan pada tikungan yang memiliki jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Jenis tikungan ini merupakan jenis yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengemudi dan kendaraannya; namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal.



Gambar 2.2 Komponen *Full-Circle*

Ketentuan dan rumus untuk tikungan *Full-Circle* adalah sebagai berikut :

$$T = R \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.1)$$

$$E = T \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots(2.2)$$

$$L = \frac{\pi}{180} \times \Delta R \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

Δ	= sudut tikungan ($^{\circ}$)	E	= jarak PI ke puncak busur lingkaran (m)
O	= titik pusat lingkaran	L	= panjang lengkung (CT – TC), (m)
R	= jari-jari tikungan (m)	PI	= titik potong antara 2 garis tangen

T = jarak TC-PI atau PI-CT

Tabel 2.5 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

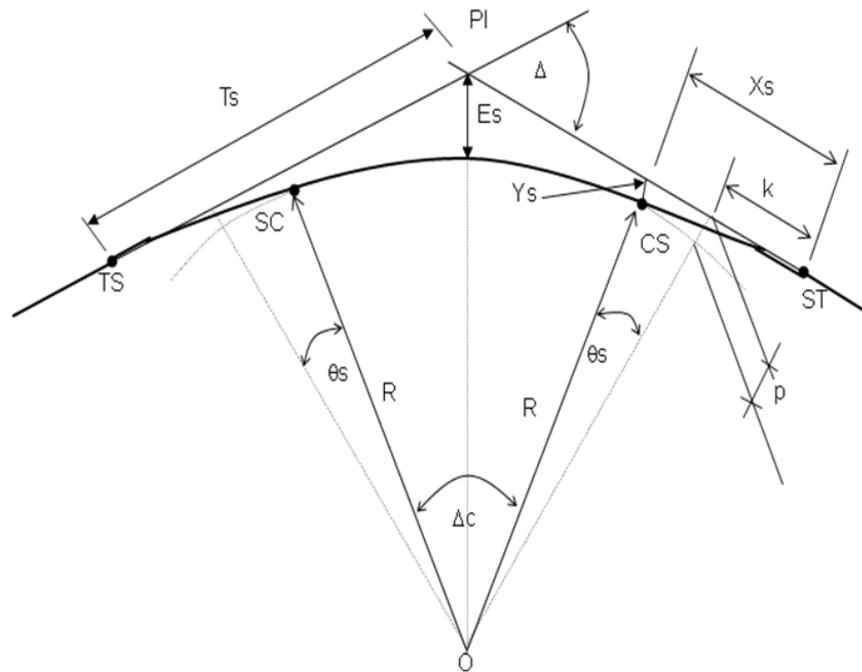
Sumber : (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

b. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

Lengkung *Spiral* merupakan peralihan dari suatu bagian lurus ke bagian lengkung yang panjangnya diperhitungkan dengan mempertimbangkan bahwa perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai mencapai bagian lengkung. Jari-jari yang diambil untuk tikungan *spiral-circle-spiral* harus sesuai dengan kecepatan rencana yang tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang ditentukan.

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

- 1) Kemiringan maksimum
- 2) Koefisien gesekan melintang maksimum.



Gambar 2.3 Komponen *Spiral – Circle – Spiral*

Ketentuan dan rumus untuk tikungan *Spiral-Circle-Spiral* adalah sebagai berikut :

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40R^2} \right) \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$Y_s = L_s^2 / 6.R \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\Theta_s = 90 / \pi \times L_s / R \text{ (}^\circ\text{)} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\Theta_s \text{ (}^\circ\text{)} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s) \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40.R^2} - R.\sin \theta_s \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{180} . \pi . R \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$T_s = (R+p) \tan \Delta/2 + k \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$E_s = (R+p) \sec \Delta/2 - R \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$L = L_c + 2.L_s \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

PI = Titik perpotongan dua tangent

TS = Awal pertemuan tangent dengan spiral

SC = Awal pertemuan spiral dengan circle

CS = Akhir pertemuan circle dengan spiral

ST = Akhir pertemuan spiral dengan tangent

Ts = Jarak dari PI ke TS atau ST

p = Penggeseran tangent terhadap lingkaran

k = Absis dari p pada garis tangent spiral

Xs = Absis dari SC pada garis tangent

Ys = Ordinat titik SC pada garis tangent

Δ = Sudut lentur spiral

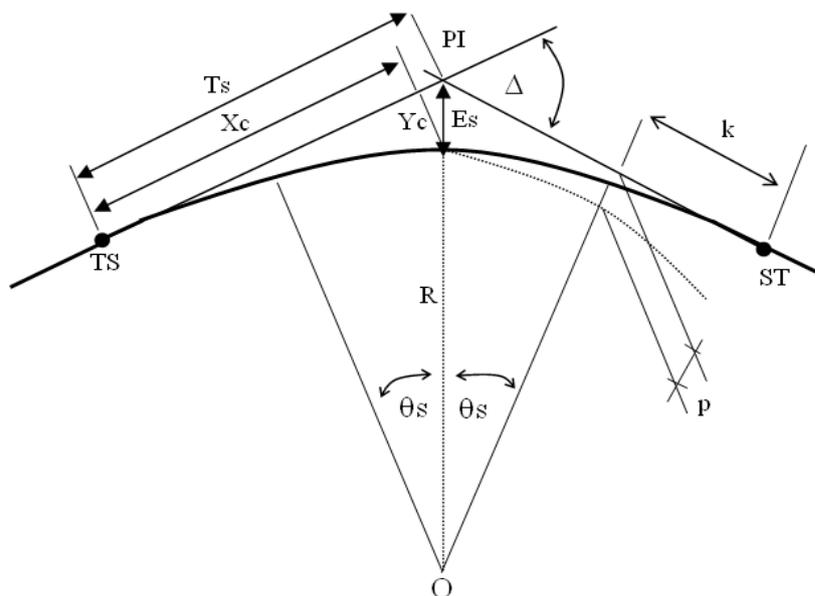
Es = Jarak luar dari PI ke lingkaran

Rc = Jari – jari lingkaran

Lc = Panjang Busur lingkaran

c. Bentuk Tikungan *Spiral-Spiral*

Bentuk tikungan seperti ini biasanya digunakan pada tikungan yang tajam.



Gambar 2.4 Komponen *Spiral – Spiral*

Adapun rumusnya sama dengan bentuk tikungan *Spiral-Circle-Spiral*, sebagai berikut :

$$Es = R + P \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + k \quad (\text{m}) \dots\dots\dots(2.14)$$

$$Ts = (R + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \quad (\text{m}) \dots\dots\dots(2.15)$$

$$Ls = \frac{2\pi R}{360} \cdot 2 \theta_s \quad (\text{m}) \dots\dots\dots(2.16)$$

$$L = 2 \times Ls \quad (\text{m}) \dots\dots\dots(2.17)$$

$$p = p' \times Ls \quad (\text{m}) \dots\dots\dots(2.18)$$

$$k = k' \times Ls \quad (\text{m}) \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

PI = Titik perpotongan dua tangen

TS = Awal pertemuan tangen dengan spiral

SC = Awal pertemuan spiral dengan circle

CS = Akhir pertemuan circle dengan spiral

ST = Akhir pertemuan spiral dengan tangen

Ts = Jarak dari PI ke TS atau ST

p = Penggeseran tangen terhadap lingkaran

k = Absis dari p pada garis tangen spiral

Δ = Sudut lentur spiral

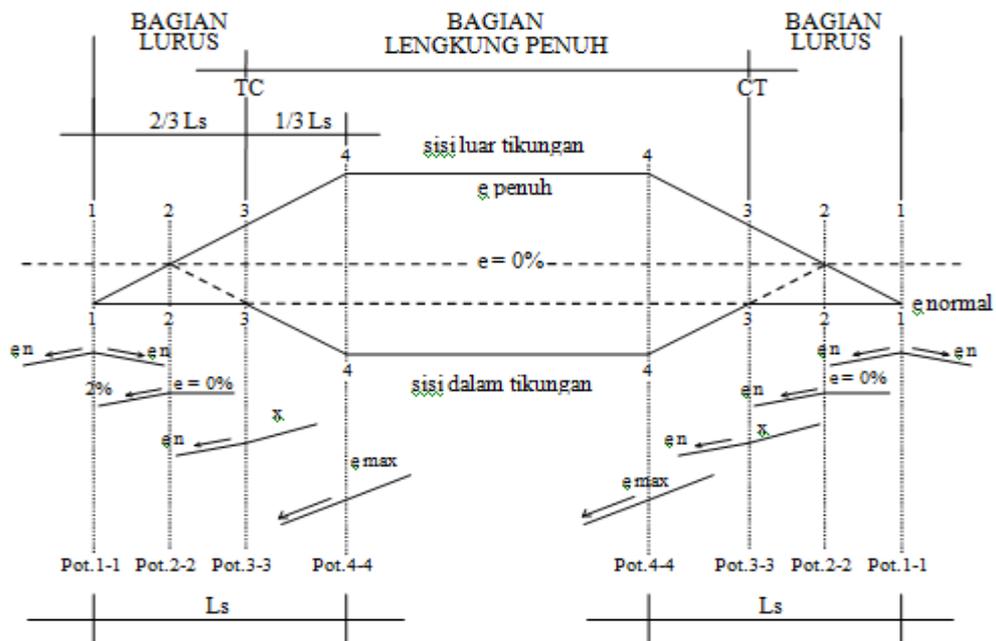
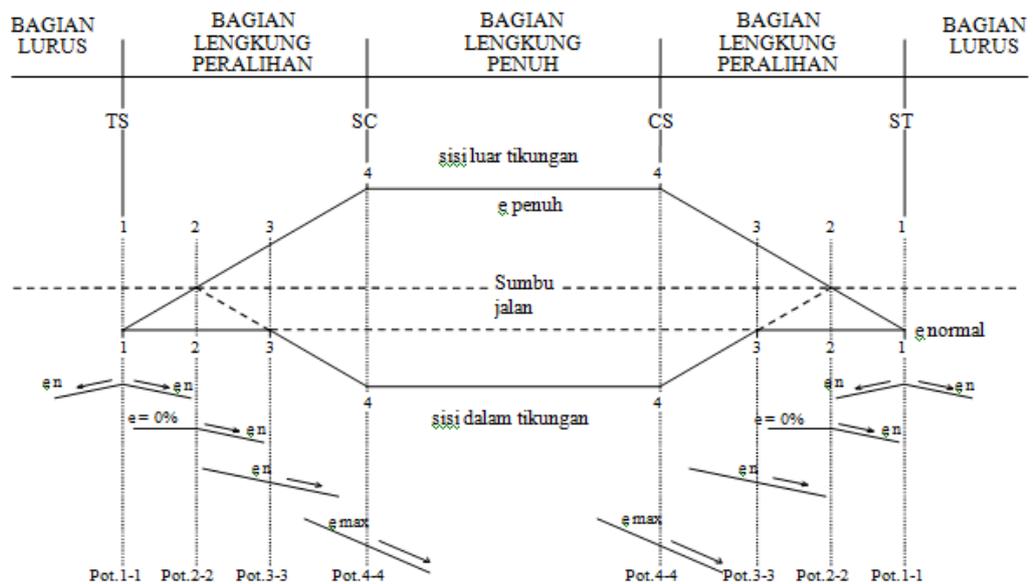
Es = Jarak luar dari PI ke lingkaran

Rc = Jari – jari lingkaran

2.4.3 Diagram Superelevasi

Superelevasi adalah diagram yang memperlihatkan panjang yang dibutuhkan guna merubah kemiringan melintang jalan pada bagian-bagian tertentu pada suatu tikungan. Superelevasi penuh adalah kemiringan maksimum yang harus dicapai pada suatu tikungan yang tergantung dari kecepatan rencana yang digunakan.

Adapun diagram superelevasi ini dibagi dalam tiga bentuk, yaitu:

a. Tikungan *Full Circle*Gambar 2.5 Superelevasi Tikungan *Full Circle*b. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*Gambar 2.6 Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

2) Jarak pengereman (J_{hr}) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak pandang henti diformulasikan dengan berdasar asumsi: tinggi mata pengemudi 105 cm dan tinggi halangan 15 cm di atas permukaan jalan.

Rumus untuk menentukan jarak pandang henti sebagai berikut :

Untuk jalan datar :

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 V_R^2 / f_p \dots\dots\dots(2.20)$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 V_R^2 / (f_p \pm L) \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

J_h = jarak pandang henti, (m)

V_R = kecepatan rencana, (km/jam)

f_p = koefisien gesek memanjang antara ban kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, f_p akan semakin kecil jika kecepatan (V_R) semakin tinggi dan sebaliknya. (menurut Bina Marga, $f_p = 0,35 - 0,55$)

L = landai jalan dalam (%) dibagi 100

Tabel 2.6 Jarak Pandang Henti (J_h) Minimum

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

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

b. Jarak Pandang Mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului (J_d) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. J_d di ukur berdasarkan asumsi

bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan mendahului adalah 105 cm.

Umumnya saat kendaraan yang lebih cepat ingin mendahului kendaraan yang lebih lambat harus dilakukan dengan aman, tentu saja harus dapat melihat ke depan cukup jauh sehingga dapat menyelesaikan penyiapan tanpa memotong kendaraan yang disusul sebelum berhadapan dengan kendaraan lawan yang mungkin datang setelah ia melakukan penyusulan.

Tabel 2.7 Panjang Jarak Pandang Mendahului Berdasarkan Vr

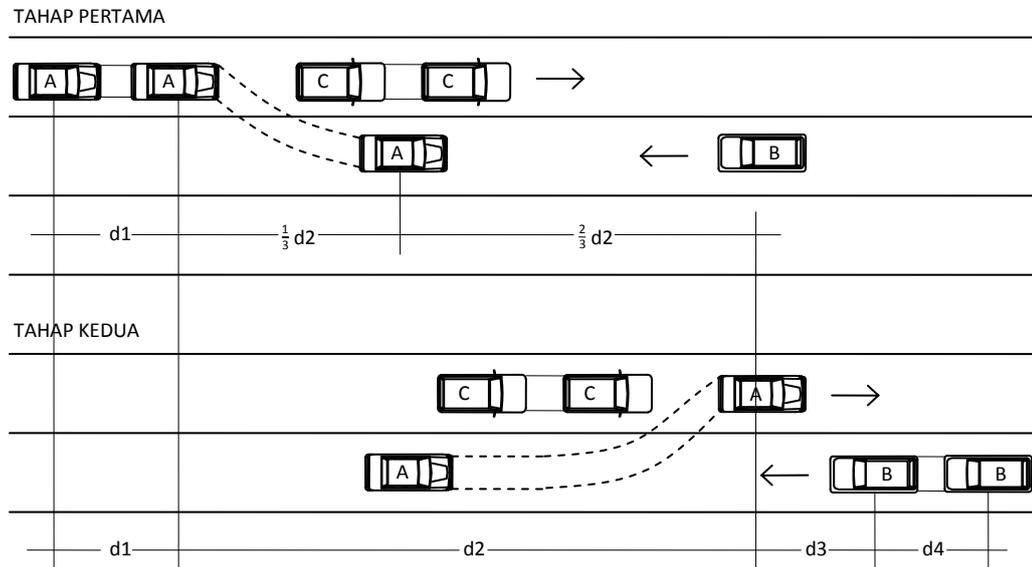
VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

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

Jarak pandangan mendahului (J_d) standar pada jalan dua lajur dua arah dihitung berdasarkan beberapa asumsi terhadap sifat arus lalu lintas yaitu:

- Kendaraan yang akan didahului harus mempunyai kecepatan yang tetap.
- Sebelum melakukan gerakan mendahului, kendaraan harus mengurangi kecepatannya dan mengikuti kendaraan yang akan disiap dengan kecepatan yang sama.
- Apabila kendaraan sudah berada pada lajur untuk mendahului, maka pengemudi harus mempunyai waktu untuk menentukan apakah gerakan mendahului dapat diteruskan atau tidak.
- Kecepatan kendaraan yang mendahului mempunyai perbedaan sekitar 5 km/jam dengan kecepatan kendaraan yang didahului pada waktu melakukan gerakan mendahului.
- Pada saat kendaraan yang mendahului telah berada kembali pada lajur jalannya, maka harus tersedia cukup jarak dengan kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan.
- Tinggi mata pengemudi diukur dari permukaan perkerasan menurut Bina Marga (TPGJAK 1997) sama dengan tinggi objek yaitu 105 cm.

g. Kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan mempunyai kecepatan yang sama dengan kendaraan yang mendahului.



Keterangan : A = Kendaraan yang mendahului
 B = Kendaraan yang berlawanan arah
 C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

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

Gambar 2.8 Pergerakan Mendahului

Keterangan Gambar :

d_1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

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

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

d_4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan (m)

Estimasi jarak pandangan mendahului diformulasikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \text{ (m) } \dots\dots\dots(2.22)$$

dimana :

Jd_{min} = jarak pandangan menyiap minimum (meter)

$$d1 = 0,278t_1 (V - m + a.t_1 / 2) \dots\dots\dots(2.23)$$

$$d2 = 0,278. V. t2 \dots\dots\dots(2.24)$$

d3= diambil 30 sampai 100 meter

$$d4 = 2/3 d2$$

Keterangan :

t1= waktu reaksi, yang besarnya tergantung dari kecepatan yang dapat ditentukan dengan korelasi $t1 = 2,12 + 0,026 V$

t2= waktu dimana kendaraan yang menyiap berada pada lajur kanan yang dapat ditentukan dengan menggunakan korelasi $t2 = 6,56 + 0,048 V$

m= perbedaan kecepatan antara kendaraan yang menyiap dan yang disiap, diambil 15 km/jam.

V= kecepatan rata-rata kecepatan kendaraan menyiap, dapat diambil sama dengan kecepatan rancana.

2.4.5 Daerah Bebas Samping di Tikungan

Sesuai dengan panjang jarak pandangan yang dibutuhkan baik jarak pandangan henti maupun jarak pandangan menyiap, maka pada tikungan perlu diadakan jarak kebebasan samping. Jarak kebebasan samping ini merupakan jarak yang diukur dari suatu as jalan ke suatu penghalang pandangan, misalnya bangunan, kaki bukit, pohon dan hutan.

Apabila kondisi medan mengijinkan, maka penerapan kebebasan samping sangat membantu meningkatkan keamanan dan kenyamanan kendaraan yang melintasi tikungan tersebut. Akan tetapi apabila kondisi medan sudah tidak mengijinkan, kebebasan samping boleh ditiadakan dengan syarat diganti dengan pemasangan rambu-rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang diijinkan.

Dalam memperhitungkan jarak kebebasan samping, ada dua kondisi jarak pandangan yang dapat dijadikan acuan, yaitu berdasarkan jarak pandang henti dan berdasarkan jarak pandang menyiap. Dalam hal memutuskan mana yang dipergunakan tergantung dari beberapa pertimbangan antara lain : kondisi medan, keamanan dan kenyamanan serta biaya yang tersedia. Dari segi kenyamanan

pemakai jalan, sangatlah baik apabila suatu tikungan jauh dari segala penghalang, namun mungkin akan sangat berpengaruh terhadap biaya pelaksanaan yang harus disediakan.

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 .

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

a. Jika $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana :

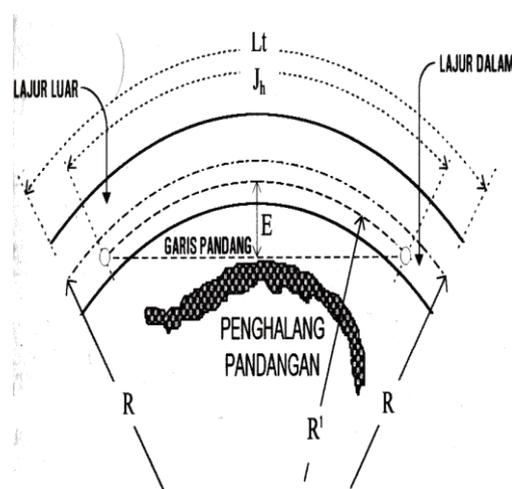
E = Jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

R' = jari-jari sumbu lajur dalam (m)

J_h = Jarak pandang henti (m)

L_t = Panjang tikungan (m)



Gambar 2.9 Daerah bebas samping di tikungan untuk $J_h < L_t$

b. Jika $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \quad (\text{m}) \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

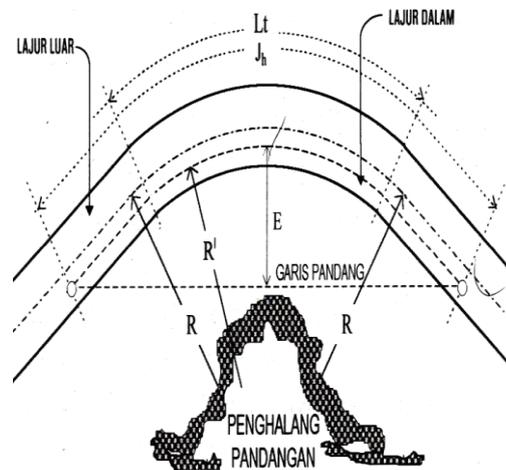
E = Jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

R' = jari-jari sumbu lajur dalam (m)

J_h = Jarak pandang henti (m)

L_t = Panjang tikungan (m)



Gambar 2.10 Daerah bebas samping di tikungan untuk $J_h > L_t$

2.4.6 Pelebaran Perkerasan

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan, seringkali tak dapat mempertahankan lintasannya pada lajur yang disediakan. Hal ini disebabkan karena :

- Pada waktu membelok yang memberi tanda belokan pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (*off tracking*).
- Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berhimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan.

- c. Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan-tikungan tajam atau pada kecepatan-kecepatan yang tinggi.

Untuk menghindari hal tersebut, maka pada tikungan-tikungan yang tajam perlu perkerasan jalan diperlebar. Pelebaran perkerasan ini merupakan faktor dari jari-jari lengkung, kecepatan kendaraan, jenis dan ukuran kendaraan rencana yang dipergunakan sebagai dasar perencanaan. Pada umumnya **truk tunggal** digunakan sebagai jenis kendaraan dasar penentuan tambahan lebar perkerasan yang dibutuhkan. Tetapi pada jalan-jalan dimana banyak dilewati kendaraan berat, jenis kendaraan **semi trailer** merupakan kendaraan yang cocok dipilih untuk kendaraan rencana. Batasan : Bila $B <$ lebar perkerasan pada bagian lurus, maka tidak perlu dilakukan tambahan perkerasan. (Namun untuk segi praktis dan menambah tingkat keamanan dan kenyamanan, pelebaran tersebut boleh tetap dilakukan).

Penentuan besarnya pelebaran jalur lalu-lintas di tikungan ditinjau dari elemen-elemen :

- a. Keluar Lajur (*Off Tracking*),
- b. Kesukaran dalam mengemudi di tikungan.

Rumus yang digunakan:

$$B = \sqrt{\left\{ \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \right\}^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots \dots \dots (2.27)$$

$$Rc = \text{radius lajur sebelah dalam} - \frac{1}{4} \text{ lebar perkerasan} + \frac{1}{2} b \dots \dots \dots (2.28)$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots \dots \dots (2.29)$$

$$Bt = n (B + C) + Z \dots \dots \dots (2.30)$$

$$\Delta b = Bt - Bn \dots \dots \dots (2.31)$$

Dimana :

b = lebar kendaraan, (m)

Rc = radius lengkung untuk lintasan luar roda depan yang besarnya dipengaruhi oleh sudut α , (m)

R = radius lajur sebelah dalam / jari-jari tikungan, (m)

V	=	kecepatan, (km/jam)
Z	=	lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan, (m)
Bt	=	lebar total perkerasan di tikungan, (m)
Bn	=	lebar total perkerasan pada bagian lurus, (m)
n	=	jumlah lajur
B	=	lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam, (m)
C	=	kebebasan samping, (m) 0,5 untuk lebar lajur 6 m, 1,0 untuk lebar lajur 7 m, dan 1,25 untuk lebar lajur 7,5 m
Δb	=	tambahan lebar perkerasan di tikungan, (m)

2.4.7 Perhitungan Stationing

Panjang horizontal jalan dapat dilakukan dengan membuat titik-titik *stationing* (patok-patok km) disepanjang ruas jalan. Ketentuan umum untuk pemasangan patok-patok tersebut adalah sebagai berikut :

- untuk daerah datar dan lurus, jarak antar patok 100 m.
- untuk daerah bukit, jarak antar patok 50 m
- untuk daerah gunung, jarak antar patok 25 m.
- untuk daerah sepanjang tikungan, jarak antar patok per-setiap perubahan superelevasi.

2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen Vertikal adalah bidang tegak yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Alinyemen ini menyatakan bentuk geometrik jalan dalam arah vertikal.

Alinyemen vertikal sangat erat hubungannya dengan besar biaya pembangunan, besar penggunaan kendaraan dan jumlah kecelakaan lalu lintas. Bentuk dari penampang melintang sangat menentukan lajunya kendaraan yang melintasi jalan yang bersangkutan sebab memberikan pengaruh yang sangat besar pada kecepatan dan kemampuan perlambatan, kemampuan untuk berhenti, jarak

pandang serta kenyamanan pengemudi kendaraan tersebut., Pada alinyemen vertikal perhatian tidak hanya ditujukan ke bagian lengkung tetapi justru yang penting adalah bagian yang lurus pada umumnya merupakan suatu kelandaian. Alinyemen vertikal harus direncanakan sebaik-baiknya dengan mengikuti medan sehingga dapat menghasilkan keindahan jalan yang harmonis dengan alam disekelilingnya.

Faktor- faktor yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan alinyemen vertikal, yaitu :

- a. Kecepatan rencana (*Design Speed*)
- b. Topografi
- c. Fungsi jalan
- d. Kedudukan tinggi landai kendaraan
- e. Tebal perkerasan yang diperhitungkan
- f. Tanah dasar

Pada alinyemen vertikal akan ditemui berbagai keadaan antara lain :

- a. Kelandaian

Kelandaian pada alinyemen vertikal jalan dapat dibedakan atas :

- 1) Kelandaian maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.8 Kelandaian Maksimum yang diizinkan

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

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

Panjang maksimum landai yang masih dapat diterima tanpa mengakibatkan gangguan jalannya arus-arus lalu lintas yang berarti, atau biasa disebut dengan istilah panjang kritis landai, adalah panjang yang mengakibatkan pengurangan kecepatan maksimum sebesar 25 km/jam. Landai maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya sangat memaksa dan hanya untuk jarak yang pendek. Bila pertimbangan biaya memaksa, maka panjang kritis dapat dilampaui dengan syarat ada jalur khusus untuk kendaraan berat.

Tabel 2.9 Panjang Kritis Landai

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

2) Kelandaian minimum

Berdasarkan kepentingan arus lalu lintas, landai ideal adalah landai datar (0%) sebaliknya ditinjau dari kepentingan drainase jalan, jalan berlandailah yang ideal. Dalam perencanaan disarankan menggunakan :

- (a) Landai datar untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan yang tidak mempunyai kereb.
- (b) Landai 0,15 % dianjurkan untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kereb.
- (c) Landai minimum sebesar 0,3-0,5 % dianjurkan dipergunakan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kereb.

b. Lengkung vertikal

Lengkung vertikal direncanakan untuk mengubah secara bertahap perubahan dari 2 macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi guncangan akibat perubahan

kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk keamanan dan kenyamanan. Bentuk lengkung vertikal adalah parabola dengan asumsi sederhana sehingga elevasi sepanjang lengkung didapat dengan perbandingan dari offset vertikal dari PPV yang bernilai tertentu. Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan.

Rumus yang digunakan untuk lengkung vertikal adalah sebagai berikut :

$$y' = \frac{g_2 - g_1}{200 \cdot l_v} \cdot x^2 \quad (\text{m}) \quad \dots\dots\dots(2.32)$$

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

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1) \cdot l_v}{800} \quad (\text{m}) \quad \dots\dots\dots(2.33)$$

Menentukan perbedaan aljabar landai :

$$A = [g_2 - g_1] \quad (\text{m}) \quad \dots\dots\dots(2.34)$$

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).

A = perbedaan landai (%)

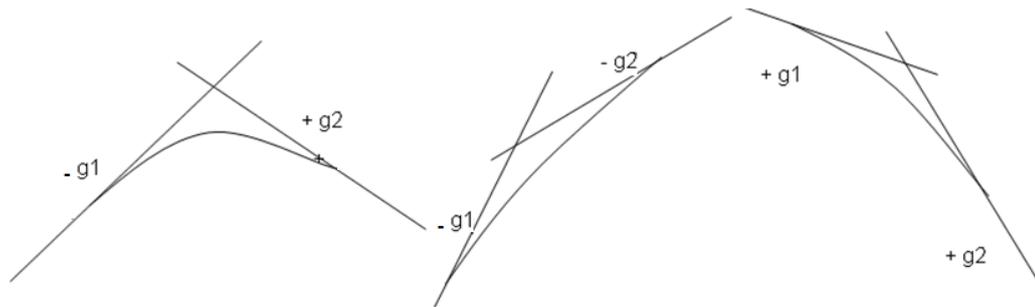
Ketentuan tinggi menurut Bina Marga, untuk lengkung vertikal, sbb:

Jarak Pandang	h1 (m) tinggi mata pengemudi	h2 (m) tinggi objek
Henti (Jh)	1.05	0.15
Mendahului (Jd)	1.05	1.05

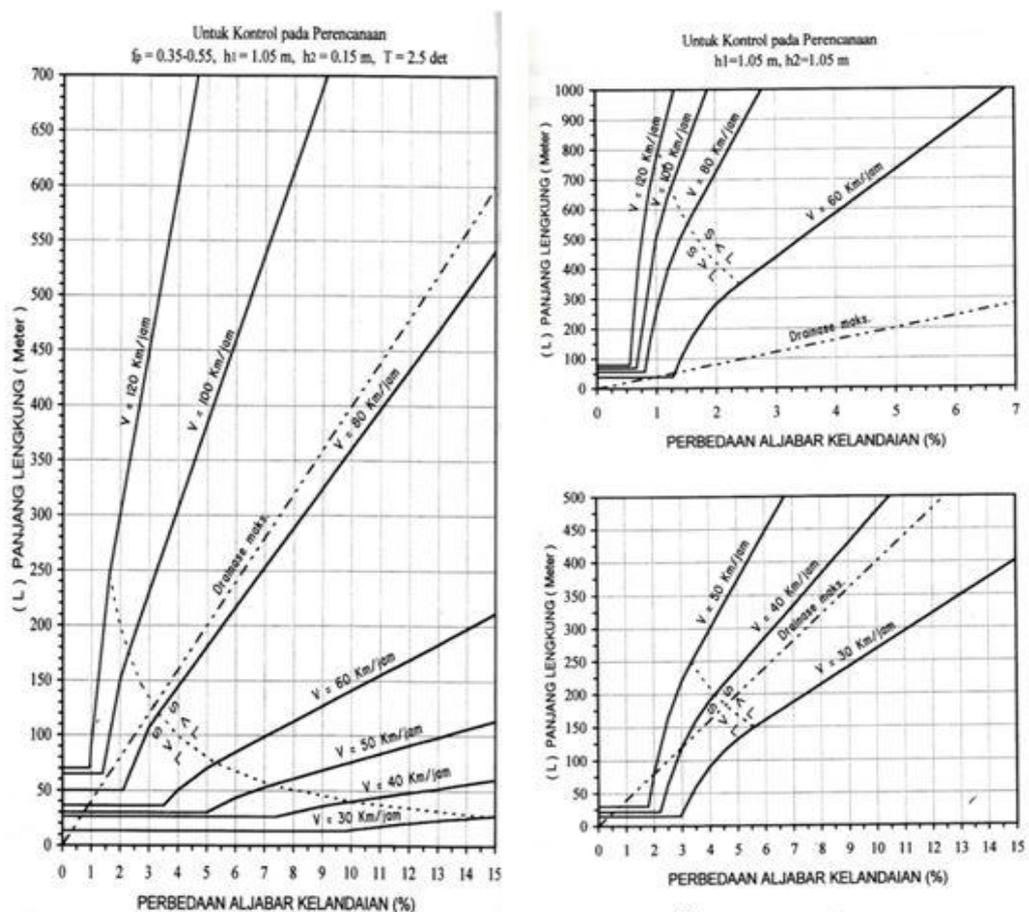
Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis, yaitu :

a. Lengkung vertikal cembung

yaitu bila titik perpotongan antara dua tangen (PPV) berada dipermukaan jalan atau diatas permukaan jalan.



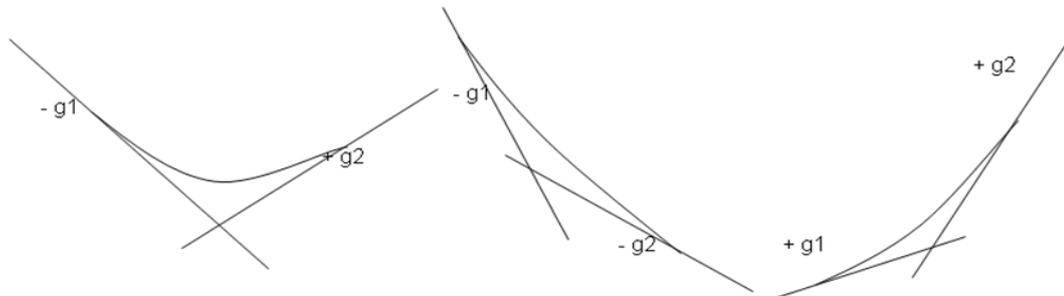
Gambar 2.11 Lengkung Vertikal Cembung



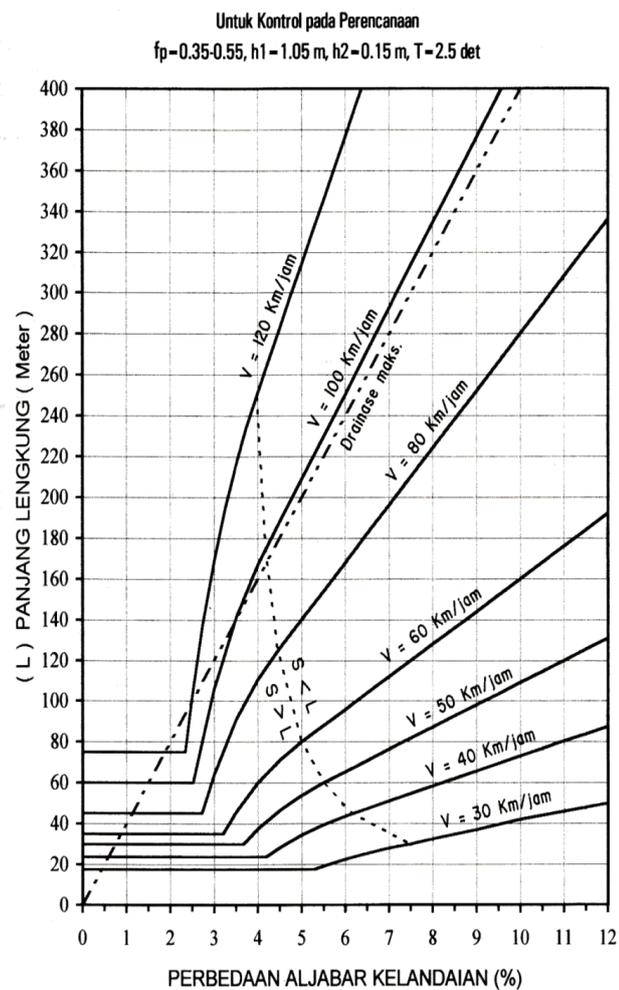
Gambar 2.12 Grafik harga Lv pada lengkung vertikal cembung

b. Lengkung vertikal cekung

yaitu bila titik perpotongan antara dua tangen (PPV) berada di bawah permukaan jalan.



Gambar 2.13 Lengkung Vertikal Cekung



Gambar 2.14 Grafik harga L_v pada lengkung vertikal cekung

2.6 Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

Untuk alasan ekonomis, maka 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. Namun perlu diingat bahwa asumsi demikian hanya berlaku apabila kualitas tanahnya memenuhi kriteria yang disyaratkan.

Dengan mengkombinasikan alinemen horizontal dan alinemen vertikal, yang dilengkapi dengan bentuk penampang melintang jalan yang direncanakan, memungkinkan kita untuk menghitung besarnya volume galian dan timbunan.

Untuk menghitung volume galian dan timbunan diperlukan data luas penampang baik galian maupun timbunan dari masing-masing potongan dan jarak dari kedua potongan tersebut. Masing-masing potongan dihitung luas penampang galian dan/atau timbunannya. Perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan alat planimetri atau dengan cara membagi-bagi setiap penampang menjadi bentuk-bentuk bangun sederhana, misalnya bangun segitiga, segi empat dan trapesium, kemudian dijumlahkan.

Perlu diketahui bahwa perhitungan volume galian dan timbunan ini dilakukan secara pendekatan. Semakin kecil jarak antar Sta, maka harga volume galian dan juga timbunan semakin mendekati harga yang sesungguhnya. Sebaliknya semakin besar jarak antar Sta, maka semakin jauh ketidaktepatan hasil yang diperoleh.

Ketelitian dan ketepatan dalam menghitung besarnya volume galian dan timbunan akan sangat berpengaruh terhadap biaya yang akan dikeluarkan pada waktu pelaksanaan lapangan nantinya. Pekerjaan tanah yang terlalu besar akan berdampak terhadap semakin mahalnya biaya pembuatan jalan yang direncanakan.

Oleh sebab itu, faktor-faktor yang perlu diperhatikan guna menghindari ketidakhematan tersebut perlu diperhatikan sejak dini. Faktor-faktor tersebut antara lain :

- a. Pengambilan data lapangan oleh surveyor harus seakurat mungkin dan didukung dengan peralatan yang berfungsi baik,

- b. Penuangan data lapangan kedalam bentuk gambar harus seakurat mungkin baik skala maupun ukuran yang digunakan
- c. Perhitungan luas penampang harus seteliti mungkin
- d. Penentuan jarak antar Sta harus sedemikian rupa sehingga informasi-informasi penting, seperti perubahan elevasi, dapat dideteksi dengan baik.

2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan

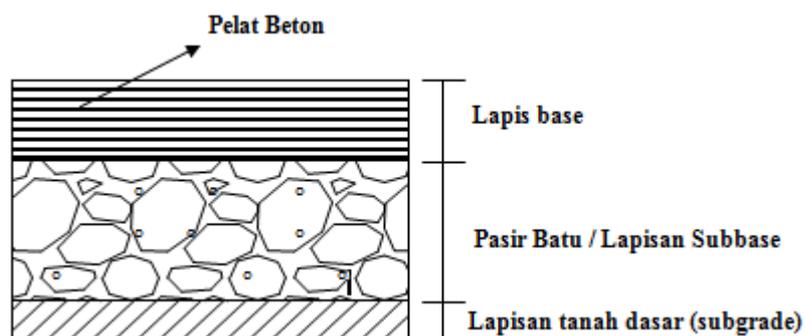
Perkerasan jalan adalah suatu bagian konstruksi jalan yang terletak diatas tanah dasar yang bertujuan untuk melewati lalu lintas dengan aman dan nyaman serta menerima dan meneruskan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2.7.1 Jenis Perkerasan

Bila ditinjau dari bahan campurannya, perkerasan jalan terdiri atas dua macam, yaitu:

a. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang atau bahan-bahan yang bersifat kaku. Perkerasan kaku ini menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton

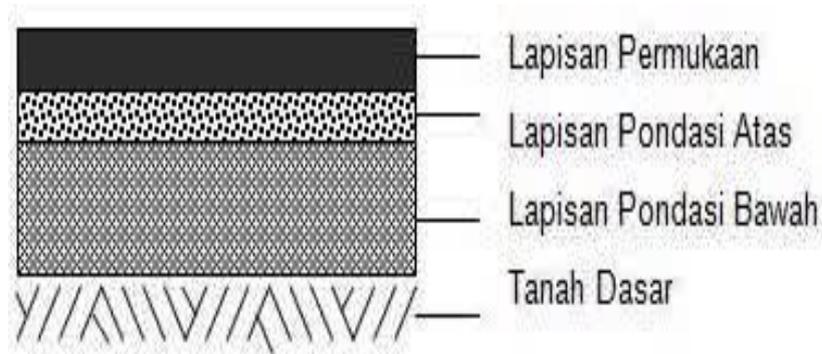


Gambar 2.15 Perkerasan Kaku

b. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku atau lentur. Pada perkerasan kaku

membutuhkan biaya awal yang tinggi tetapi biaya perawatannya kecil, sedang untuk perkerasan lentur sebaliknya.



Gambar 2.16 Perkerasan Lentur

Pada perkerasan kaku, pada awalnya membutuhkan biaya pelaksanaan yang tinggi tetapi mempunyai biaya perawatan yang rendah, sedangkan pada perkerasan lentur, pada awalnya membutuhkan biaya pelaksanaan yang rendah tetapi mempunyai perawatan yang tinggi.

a. **Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composit flexible*)**

Konstruksi 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.

2.7.2 Umur Rencana

Umur rencana adalah jangka waktu sejak jalan raya tersebut dibuka sampai hingga saat diperlukan perbaikan atau telah dianggap perlu untuk memberi lapisan perkerasan baru.

Pada jalan baru yang diperlukan suatu umur rencana, karena kita dapat mengetahui kapan jalan tersebut harus mengalami perbaikan atau peningkatan. Umur rencana ditentukan berdasarkan pertimbangan klasifikasi jalan, pola lalu lintas dan pengembangan wilayah.

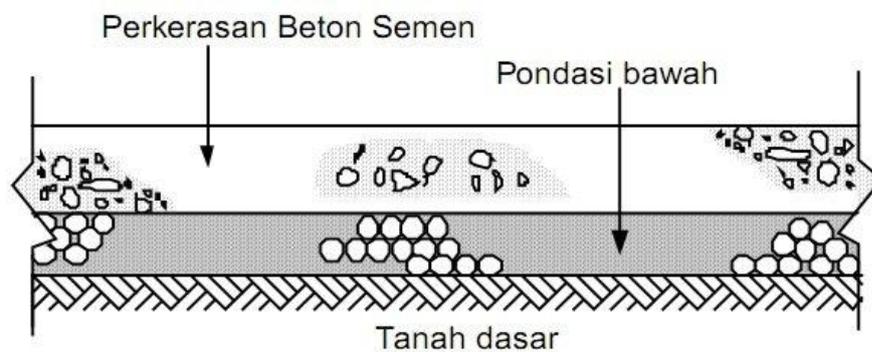
2.7.3 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

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 2.16 Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

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

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

6. Jenis penyaluran beban.

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

Keuntungan pemakaian perkerasan kaku, yaitu:

1. *Life-cycle-cost* lebih murah dari pada perkerasan aspal.
2. Perkerasan kaku lebih tahan terhadap serangan air.
3. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemeliharaan.
4. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemanfaatan (*overloading*).
5. Memiliki umur rencana yang lebih lama.
6. Semen diproduksi dalam negeri sehingga tidak tergantung dari *import*.
7. Keseluruhan tebal perkerasan jauh lebih kecil dari pada perkerasan aspal sehingga dari segi lingkungan/ *environment* lebih menguntungkan.

Kerugian dalam pemakaian perkerasan kaku, yaitu :

1. Permukaan perkerasan beton semen mempunyai *riding comfort* yang lebih jelek dari pada perkerasan aspal, yang akan sangat terasa melelahkan untuk perjalanan jauh.
2. Warna permukaan yang keputih-putihan menyilaukan di siang hari, dan marka jalan (putih/kuning) tidak kelihatan secara kontras.
3. Perbaikan kerusakan seringkali merupakan perbaikan keseluruhan konstruksi perkerasan sehingga akan sangat mengganggu lalu lintas.
4. Biaya yang dikeluarkan tergolong mahal.
5. Pelapisan ulang/ *overlay* tidak mudah dilakukan.
6. Perlunya waktu untuk menunggu perkerasan menjadi kaku ± 28 hari.
7. Perbaikan permukaan yang sudah halus (*polished*) hanya bisa dilakukan dengan *grinding machine* atau pelapisan ulang dengan campuran aspal, yang kedua-duanya memerlukan biaya yang cukup mahal.

2.7.4 Jenis dan Sifat Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku didefinisikan sebagai perkerasan yang mempunyai

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

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

- Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
- Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
- Perkerasan beton semen pra-tegang dengan tulang serat baja/fiber

Tujuh sifat campuran beton yang harus dimiliki perkerasan kaku adalah:

1) Stabilitas (*stability*)

Adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang alur, dan *bleeding*. Jalan yang melayani volume lalu lintas dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi

2) Keawetan (*durability*)

Adalah kemampuan beton menerima repetisi beban lalu lintas seperti beban kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air dan perubahan temperatur.

3) Kelenturan (*flexibility*)

Adalah kemampuan beton untuk menyesuaikan diri akibat penurunan dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar tanpa terjadi retak.

4) Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Adalah kemampuan beton menerima lendutan berulang akibat repetisi beban tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.

5) Kekesatan atau tahanan gesek (*skid resistance*)

Permukaan beton terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir atau slip.

6) Kedap air (*impermeability*)

Adalah kemampuan beton untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan beton.

7) Mudah dilaksanakan (*Work Ability*)

Adalah kemampuan campuran beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan menentukan tingkat efisien.

2.7.5 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

Menurut pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003 terdapat beberapa persyaratan teknis 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 %.

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara grafis dan analitis.

a. Cara Grafis

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

rerata dengan diambil angka persentasenya = 90%

b. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$\widehat{CBR} = \overline{CBR} - (CBR_{maks} - CBR_{min}) / R \dots\dots\dots(2.35)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.10 dibawah ini.

Tabel. 2.10 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 : Hendra Suryadharna, 1999)

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%.

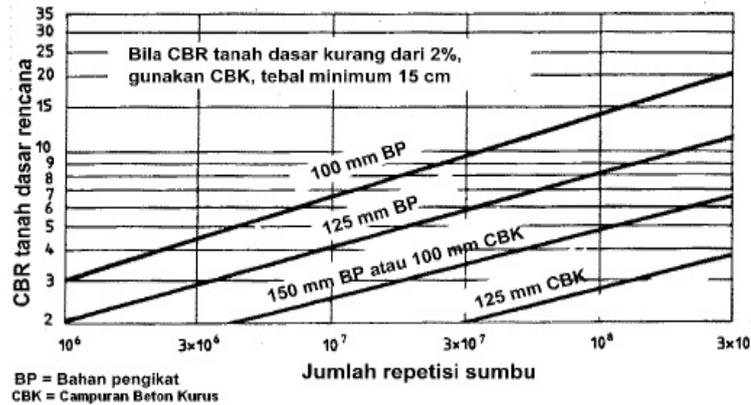
2) Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)

- 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).

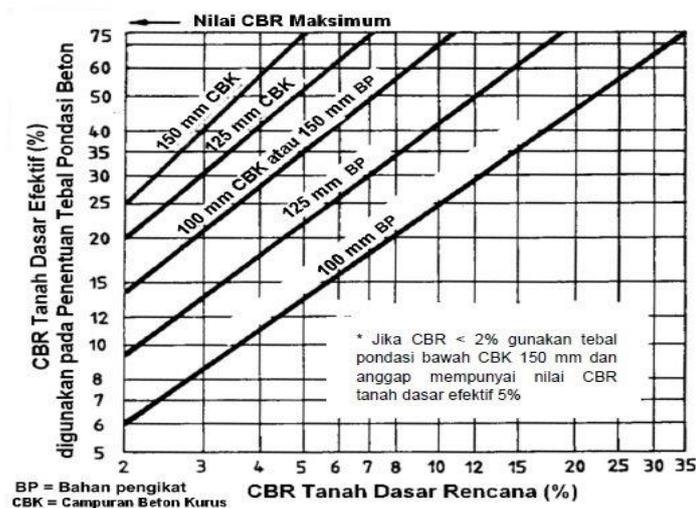
3) Campuran beton kurus (*Lean Mix Concrete*)

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 2.16 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari gambar 2.17



Gambar 2.17 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen



Gambar 2.18 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

c. Beton semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28hari, 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:

$$F_{cf} = K (f c')^{0.50} \text{ dalam Mpa atau } \dots\dots\dots(2.36)$$

$$F_{cf} = 3,13 K (f c')^{0.50} \text{ dalam Mpa atau } \dots\dots\dots(2.37)$$

Dimana:

$f c'$ = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm^2)

f_{cf} = kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm^2)

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

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. 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)

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 2.11.

Tabel 2.11 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi

Lebar perkerasan (L_p)	Jumlah lajur (n_l)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75$ m	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

f. Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan 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 :

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{e \log(1+i)} \dots\dots\dots(2.38)$$

Dimana :

R = faktor pertumbuhan lalu lintas

i = laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.12. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (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 : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

h. Lalu Lintas Rencana

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

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \quad \dots\dots\dots(2.39)$$

Dimana :

JSKN = Jumlah sumbu kendaran niaga selama umur rencana

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

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

C = Koefisien distribusi kendaraan.

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 seperti terlihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Faktor Keamanan Beban (Fkb)

No.	Penggunaan	Nilai FKB
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban (<i>weight- in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route	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 : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

2.7.6 Bahu Jalan

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

2.7.7 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

- Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh

penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas.

- Memudahkan pelaksanaan.
- Mengakomodasi gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

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

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

$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots(2.40)$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana :

A_t = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm²).

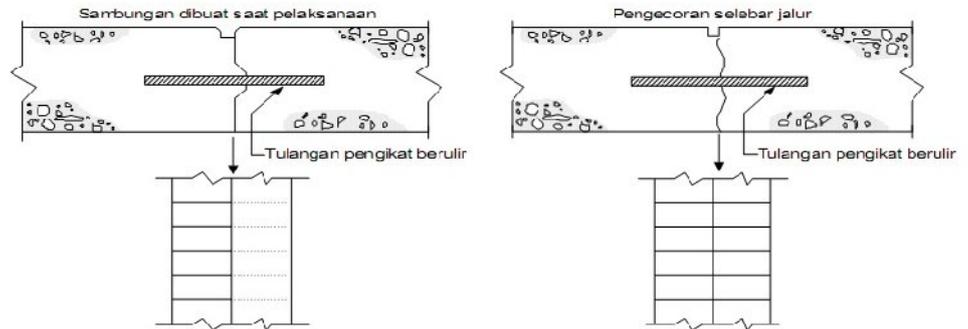
b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

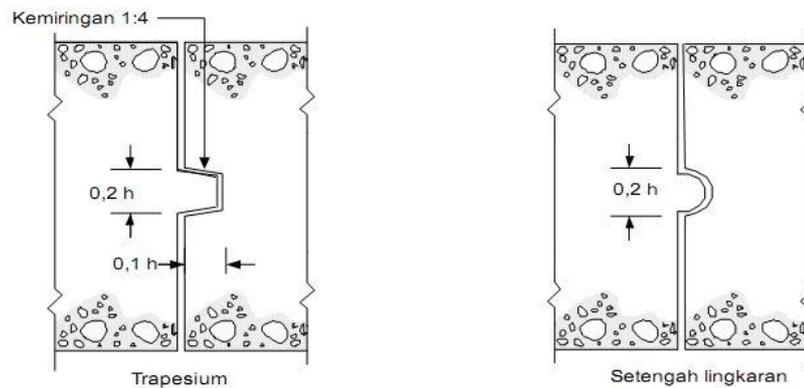
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.19



Gambar 2.19 Tipikal Sambungan Memanjang

b. Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

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

c. Sambungan Susut Memanjang

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

d. Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

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

e. Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen.



Gambar 2.21 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji



Gambar 2.22 Sambungan Susut Melintang dengan Ruji

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4-5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8-20 m, beton menerus dengan tulangan sekitar 100 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan

ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas saat pelat beton menyusut. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada tabel 2.14.

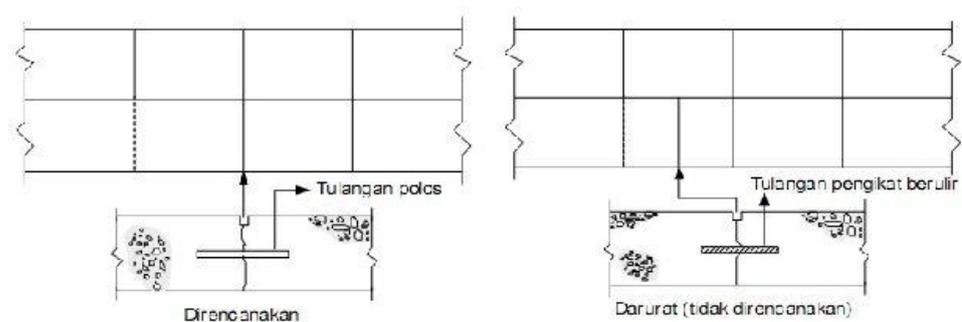
Tabel 2.14 Diameter Ruji

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

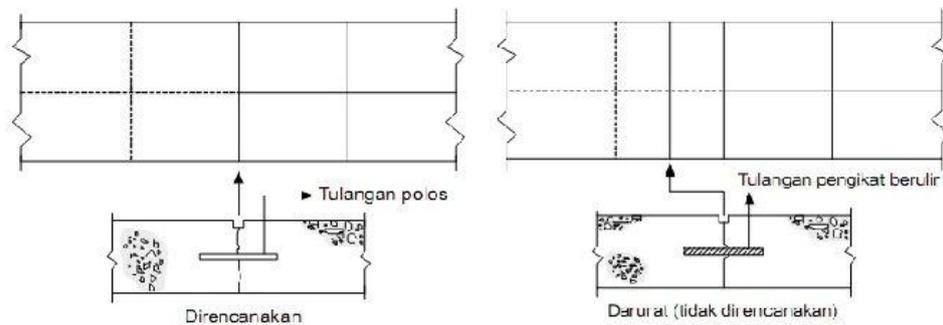
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

f. Sambungan Pelaksanaan Melintang

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



Gambar 2.23 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur



Gambar 2.24 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

g. 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 2.25.

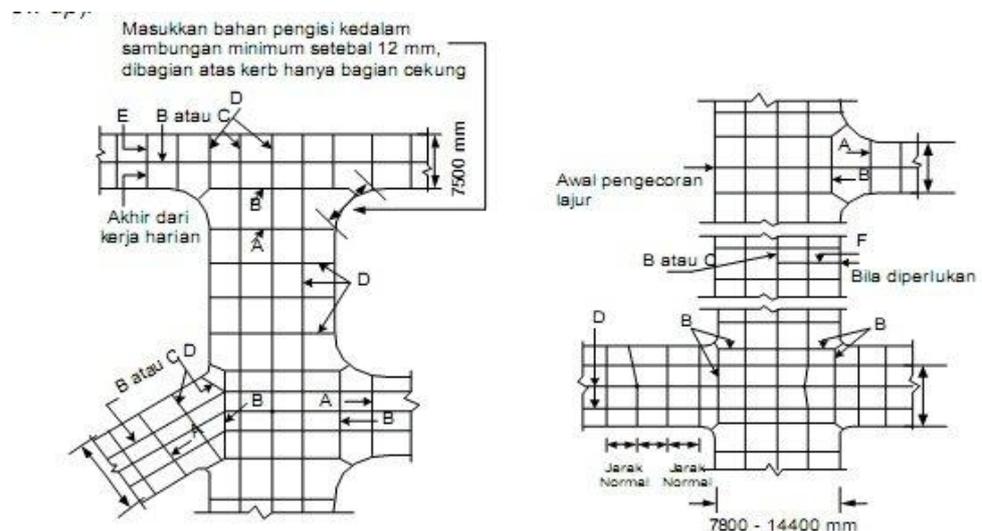


Gambar 2.25. Sambungan Isolasi

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu diberi bahan pengisi (*joint filler*).

h. 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

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

2.7.8 Perencanaan Tebal Pelat

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

2.7.9 Perencanaan Tulangan

Banyaknya tulangan baja yang didistribusikan ditentukan oleh jarak sambungan susut dalam hal ini dimungkinkan penggunaan pelat lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan.

Tujuan utama penulangan untuk :

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

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. Bagian-bagian pelat yang diperkirakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan.

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 :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \dots\dots\dots(2.42)$$

Dimana :

- A_s = luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat)
- f_s = kuat-tarik ijin tulangan (MPa), biasanya 0,6 kali tegangan leleh
- g = gravitasi (m/detik)
- h = tebal pelat beton (m)
- L = jarak antara sambungan yang tidak diikat atau tepi bebas pelat (m)
- M = berat per satuan volume pelat (kg/m^3)
- 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 2.15 dibawah ini :

Tabel 2.15 Koefisien Gesekan Pelat Beton dengan Lapisan Pondasi Bawah

No	Lapis pemecah ikatan	Koefisien Gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal diatas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon (<i>A chlorinated rubber curing compound</i>)	2,0

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

- Penulangan memanjang

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

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{f_y - n \cdot f_{ct}} \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana :

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

f_{ct} = kuat tarik langsung beton = $(0,4 - 0,5 f_{cf})$ (kg/cm^2)

f_y = tegangan leleh rencana baja (kg/cm^2)

n = angka ekuivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c), dapat dilihat pada tabel 2.25

μ = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

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

E_c = modulus elastisitas beton = $1485 \sqrt{f'_c}$ (kg/cm^2)

Tabel 2.16 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 : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Jumlah optimum

tulangan memanjang, perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$L_{cr} = \frac{f_{cr}^2}{N \cdot P^2 \cdot FB \cdot (S \cdot E_c - f_{ct})} \dots\dots\dots(2.44)$$

Dimana :

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

p = perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton

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

f_b = tegangan lekat antara tulangan dengan beton = $(1,97\sqrt{f'c})/d$.
(kg/cm^2)

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

f_{ct} = kuat tarik langsung beton = $(0,4 - 0,5 f_{cf})$ (kg/cm^2)

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

E_c = modulus Elastisitas beton = $14850\sqrt{f'c}$ (kg/cm^2)

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

Untuk menjamin agar didapat retakan-retakan yang halus dan jarak antara retakan yang optimum, maka :

- Persentase tulangan dan perbandingan antara keliling dan luas tulangan harus besar.
- Perlu menggunakan tulangan ulir (*deformed bars*) untuk memperoleh tegangan lekat yang lebih tinggi.

Jarak retakan teoritis yang dihitung dengan persamaan di atas harus memberikan hasil antara 150 dan 250 cm. Jarak antar tulangan 100 m - 225 mm. Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12mm dan 20mm.

- Penulangan melintang

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

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

- Penempatan tulangan

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

d. Perkerasan beton semen pra-tegang

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

Perkerasan beton dengan sistim pracetak-prategang ini mempunyai beberapa keuntungan, seperti:

1. Mutu beton akan lebih terkontrol, karena dicetak di pabrik.
2. Pelat beton menjadi lebih tipis, sehingga keperluan bahan akan lebih sedikit.
3. Retak yang terjadi bisa lebih kecil, karena ada tekanan dari baja yang ditegangkan.

4. Pelaksanaan di lapangan akan lebih cepat, dan pembukaan untuk lalu lintas pun akan lebih cepat pula.
5. Gangguan terhadap lalu lintas, selama pelaksanaan di lapangan bisa diminimalkan karena pembangunan bisa lebih cepat.
6. Kenyamanan pengguna jalan akan meningkat, karena sambungan antar pelat lebih panjang.

Hal yang harus mendapat perhatian lebih lanjut adalah:

1. Diperlukannya ketelitian dalam pembentukan tanah dasar dan lapisan pondasi.
2. Diperlukannya ketelitian pada pembentukan pelat di pabrik.

2.8 Bangunan Pelengkap

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

2.8.1 Drainase

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

a) Drainase Permukaan

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

Menurut fungsinya drainase permukaan dibedakan menjadi:

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.

b) 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.

2.8.2 Prinsip dan Pertimbangan Perencanaan Drainase

a. Prinsip-prinsip umum perencanaan drainase :

- Penggunaan yang efektif dan efisien

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

- Ekonomis dan aman

Pemeliharaan dimensi dari fasilitas drainase haruslah mempertimbangkan faktor ekonomis dan faktor keamanan.

- Pemeliharaan

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

b. Pertimbangan dalam perencanaan drainase :

- Pada daerah yang datar dan lurus

Penanganan pengendalian air untuk daerah ini biasanya dengan membuat kemiringan perkerasan dan bahu jalan mulai dari tengah perkerasan menurun/ melandai ke arah selokan samping. Besarnya kemiringan bahu

jalan biasanya diambil 2% lebih besar daripada kemiringan permukaan jalan.

- Daerah jalan yang lurus pada tanjakan/penurunan
Penanganan pengendalian air pada daerah ini perlu mempertimbangkan pula besarnya kemiringan alinyemen vertikal jalan yang berupa tanjakan dan turunan agar aliran air secepatnya bisa mengalir secara ke selokan samping. Untuk itu maka kemiringan melintang perkerasan jalan disarankan agar menggunakan nilai-nilai maksimum.
- Pada daerah tikungan
Kemiringan melintang pada perkerasan jalan pada daerah ini harus mempertimbangkan pula kebutuhan kemiringan jalan menurut persyaratan alinyemen horizontal jalan, karena kemiringan perkerasan jalan harus dimulai dari sisi luar tikungan menurun/melandai kesisi dalam tikungan.

Besarnya kemiringan pada daerah ini ditentukan oleh nilai maksimum dari kebutuhan kemiringan alinyemen horizontal atau kebutuhan kemiringan menurut keperluan drainase. Besarnya kemiringan melintang perkerasan/bahu jalan pada daerah tikungan.

2.8.3 Persyaratan Teknis Perencanaan Drainase

Menurut Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006 hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan diuraikan di bawah ini:

1. Plot rute jalan di peta topografi (L)
 - a. Plot rute jalan rencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.
 - b. Kondisi terrain pada daerah layanan diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi poal aliran.
2. Inventarisasi data bangunan drainase (gorong-gorong jembatan, dll.)
Eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan dan kondisi data

ini digunakan agar perencanaan system drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.

3. Segmen panjang segmen saluran (L)

Penentuan panjang segmen saluran (L) didasarkan pada:

- a. Kemiringan rute jalan, disarankan kemiringan saluran mendekati kemiringan rute jalan.
- b. Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai, waduk, dll).
- c. Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis

4. Luas daerah layanan (A)

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

5. Koefisien pengaliran (C)

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

6. Faktor limpasan (fk)

- a. Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien run off biasa dengan tujuan agar kinerja saturan tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada tabel 2.18.

Tabel 2.17 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 :		
	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
2	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1

3	Daerah industry	0,60 – 0,90	1
4	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1
6	Taman dan kebun	0,45 – 0,60	0
7	Persawahan	0,70 – 0,80	0
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Keterangan:

- Harga koefisien pengaliran (C) untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang besar.
- Harga faktor limpasan (fk) hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan.

2. Bila daerah pengaliran atau daerah layanan terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan berikut.

$$C = C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3 / A_1 + A_2 + A_3 \dots\dots\dots(2.45)$$

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

7 Waktu Konsetrasi (T_c)

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 ini.

$$T_c = t_1 + t_2 \text{ atau } T_c = t_o + t_d \dots \dots \dots (2.46)$$

$$t_1 = \frac{2}{3} \times 3,28 \times l_o \times \left(\frac{nd}{\sqrt{i_s}} \right)^{0,16} \dots \dots \dots (2.47)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V} \dots \dots \dots (2.48)$$

Dimana :

T_c = waktu konsentrasi (menit)

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

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

l_o = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = panjang saluran (m)

nd = koefisien hambatan

i_s = kemiringan saluran memanjang

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

Tabel 2.18. Kemiringan Saluran Memanjang (i_s)

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

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Tabel 2.19. Koefisien Hambatan (nd)

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 dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200

5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hampan	0,800

8. Analisa hidrologi

a. Data curah hujan

- 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 tedetak pada daerah layanan saluran samping jalan.
- Jika daerah layanan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat digunakan data dari stasiun diluar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir.

b. Periode ulang

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

c. Analisis frekuensi

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

Dalam menghitung analisa frekuensi hujan ini menggunakan metode Gumbell

- Nilai Rata – Rata (*mean*) Metode Gumbell :

$$X_{\text{rata-rata}} = \frac{1}{n} \sum X_1 \text{ (mm)(2.49)}$$

- Standar Deviasi Metode Gumbell :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_1 - X)^2} \text{(2.50)}$$

- Curah Hujan Rancangan :

$$X = X_{\text{rata-rata}} \cdot \frac{y_t - y_n}{s_n} \cdot s_d \text{(2.51)}$$

Keterangan :

X = Curah hujan rancangan

X_{rata2} = Nilai rata-rata arimatik hujan komulatif

Sd = Standar deviasi

Y_t = *Reduced variate*

Y_n = *Reduced mean* yang tergantung jumlah sample / data n

S_n = *Reduced standar deviation* yang tergantung pada jumlah sample atau data n

n = Jumlah data

Tabel 2.20 Reduced Variate (Y_t) sebagai fungsi kata ulang

Periode Ulang	Reduced Variate	Periode Ulang	Reduced Variate
(Tahun)	Y_t	Tahun	Y_t
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,251	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5118

Sumber : Drainase Perkotaan (Gunadarma : 2011)

Tabel 2.21 *Reduced Standar Deviation (Sn)*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2066
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Sumber : Drainase Perkotaan (Gunadarma : 2011)

Tabel 2.22 *Reduced Mean (Yn)*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,8396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Sumber : Drainase Perkotaan (Gunadarma : 2011)

d. Intensitas curah hujan

Adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (I) mempunyai

satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam, atau hari.

Rumus Mononobe :

$$I = \frac{R24}{24} x \left(\frac{24}{Tc} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.52)$$

9. Untuk menghitung debit aliran air (Q) menggunakan rumus:

$$Q = 1/3,6 C.I.A \dots\dots\dots(2.53)$$

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 A₁, A₂, A₃

10. Untuk menghitung Kecepatan Aliran Air menggunakan Rumus Chezy

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot I} \dots\dots\dots(2.54)$$

Keterangan :

V = Kecepatan Air (m/det)

R = Radius Hidrolik

I = Kemiringan Saluran

C = Koefisien Pengaliran (menggunakan Rumus Bazin)

$$C = \frac{157,6}{1,81 + \frac{m}{\sqrt{R}}} \dots\dots\dots(2.55)$$

Keterangan :

m = koefisien Bazin (Tabel 2.23)

R = Radius Hidrolik

Tabel 2.23 Koefisien Bazin

No.	Keterangan Permukaan Saluran	m
1	Semen yang sangat halus atau kayu yang di ketam	0,11
2	Kayu tak di ketam, beton atau bata	0,21
3	Papan, batu	0,29
4	Pasangan Batu Pecah	0,83
5	Saluran tanah dalam keadaan baik	1,54
6	Saluran tanah dalam keadaan rata-rata	2,36
7	Saluran Tanah dalam keadaan Kasar	3,17

Sumber : Hidrolika Terapan (In Karnisah : 2010)

2.8.4 Kriteria Perencanaan Saluran

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.

Tabel 2.24 Aliran Air yang Dizinkan

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 2.24

Tabel 2.25 Kemiringan Saluran Air Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Material	Kemiringan saluran (%)
1	Tanah asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	>7,5

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Penampang minimum saluran $0,50 \text{ m}^2$.

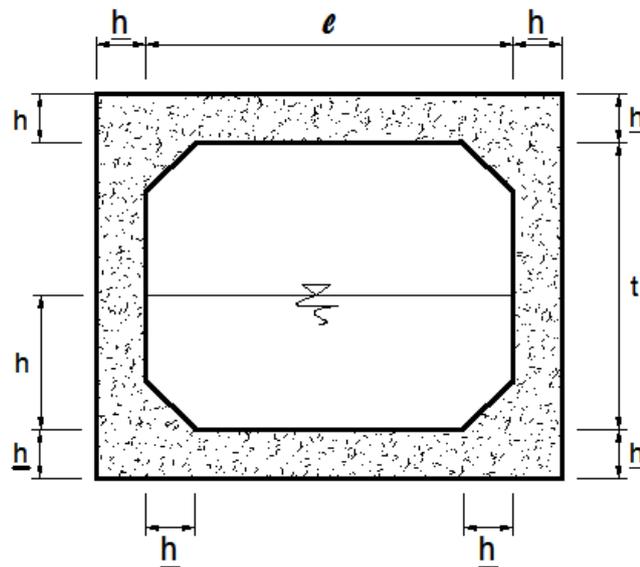
c. Gorong-gorong

Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya, dengan dimensi yang harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien dan dibuat dengan tipe permanen. dalam perencanaan dan pelaksanaan gorong-gorong dianjurkan berpedoman pada standarisasi bertujuan untuk mempermudah pekerjaan ,sehingga tercapainya kelancaran pembangunan gorong-gorong.

Pada umumnya struktur beton bertulang mengalami tegangan tarik yang cukup besar akibat adanya gaya-baya luar yang ada. Tegangan tarik yang ditimbulkan oleh gaya-gaya luar tersebut ditahan oleh tuulangan tarik yang ada pada striktur beton bertulang.

Kontruksi gorong-gorong persegi standar, direncanakan sesuai standar tipe single, Panjang gorong-gorong persegi , merupakan lebar jalan ditambah dua

kali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap. Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan jalan, sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan jalan yang umum yaitu 3,5 ; 4,5 ; 6 dan 7 meter. Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang direncanakan seperti terlihat pada Gambar 2.27 dan tabel sebagai berikut :



Gambar 2.27 Sketsa dengan Bentuk persegi

Tabel 2.26 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 : Standar Gorong-gorong persegi tipe single, SNI PU)

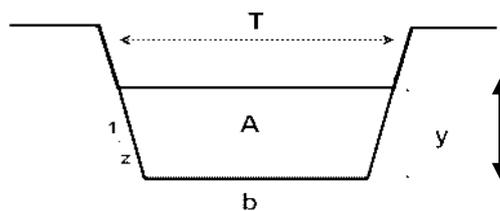
Penulangan gorong-gorong persegi beton bertulang ini dirancang sedemikian rupa sehingga mudah dilaksanakan dan mendapatkan hasil yang rapi sesuai dengan yang direncanakan. Penggunaan diameter tulangan berkisar antara 19 mm, 16 mm, 12 mm dan 10 mm untuk menghindari penggunaan tulangan dengan ukuran dan diameter yang beragam.

Bentuk segmen penulangan yang sederhana dan praktis di beberapa segmen gorong-gorong dan beratnya diperhitungkan sedemikian rupa sehingga mudah.

2.8.5 Desain Saluran Samping dan Gorong-gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa jenis :

1. Saluran bentuk trapesium (saluran samping) :



Gambar 2.28 Saluran dengan Bentuk Trapesium

$$A = (b + z.y) y \dots\dots\dots(2.56)$$

$$t = b + 2zy \dots\dots\dots(2.57)$$

$$D = \frac{A}{T} \dots\dots\dots(2.58)$$

$$V = K_{st} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots(2.59)$$

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.60)$$

Penampang ekonomis:

$$b + 2zy = 2y \sqrt{z^2 + 1} \dots\dots\dots(2.61)$$

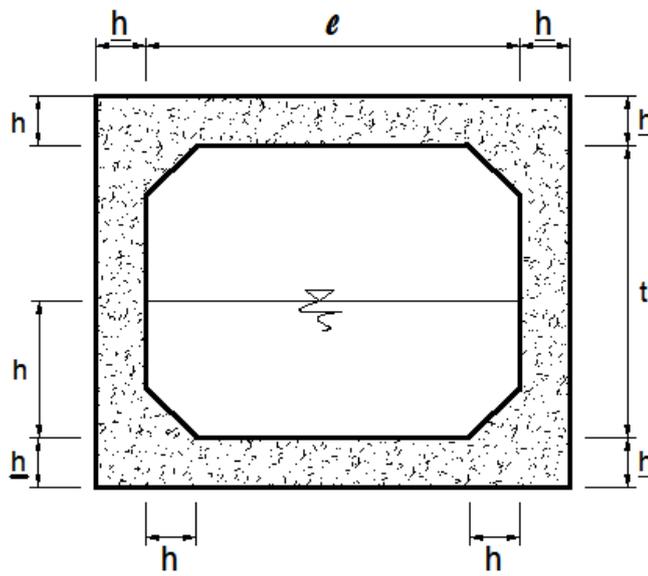
Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0,5 \times h} \dots \dots \dots (2.62)$$

Dimana :

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

2. Gorong-gorong bentuk Persegi (*box culvert*) :



Gambar 2.29 Sketsa dengan Bentuk persegi

$$A = Q/V \dots \dots \dots (2.63)$$

$$b = 2h \dots \dots \dots (2.64)$$

$$A = l \times h \dots\dots\dots(2.65)$$

$$I = \frac{R_t}{24} \times \left[\frac{24}{tc} \right]^{2/3} \dots\dots\dots(2.66)$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0.5 \times h} \dots\dots\dots(2.67)$$

Dimana :

A = luas penampang melintang (m²)

l = lebar saluran (m)

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

W = tinggi jagaan

h_i = tinggi muka air (m)

h = tebal penampang saluran (cm)

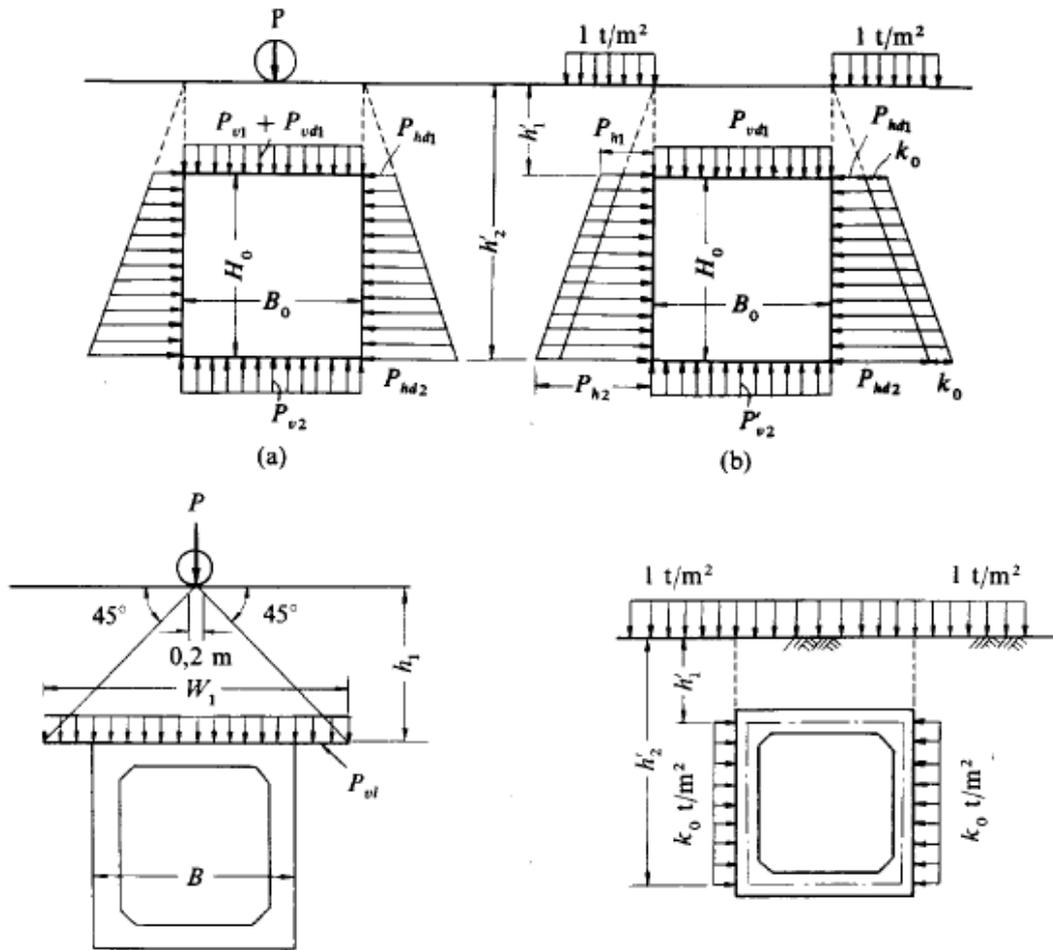
I = intensitas curah hujan

a. Beban yang digunakan untuk perencanaan

Beban yang bekerja pada gorong-gorong persegi adalah tekanan tanah vertikal yang berasal dari tanah diatas gorong-gorong, tekanan tanah mendatar yang diberikan oleh tinggi timbunan disamping gorong-gorong, beban hidup di atas gorong-gorong dan gaya-gaya reaksi.

Pada gorong-gorong persegi biasa, perubahan-perubahan kombinasi pembebanan tergantung daripada tinggi tanah penutup di atas gorong-gorong apakah lebih tinggi atau lebih rendah dari 3,50 meter.

Dengan tujuan untuk mempermudah perhitungan mengingat dalam kenyataan bahwa pengaruh beban hidup berkurang jika tebal tanah penutup di atas gorong-gorong lebih besar dari 3,50 meter.



Gambar 2.30 Penyebaran beban dan Tekanan tanah akibat pembebanan

Keterangan tanda notasi pada gambar :

P_{vd1} : Tekanan tanah vertikal, yang bekerja pada bidang permukaan atas gorong-gorong (ton/m^2) ; $\gamma_s \cdot h_1$

P_{hd} : Tekanan tanah mendatar bekerja pada bagian samping gorong-gorong (ton/m^2) ; $R_0 \cdot \gamma_s \cdot h_1$

P_{v1} : Beban vertikal karena beban hidup, dihitung dengan mengambil nilai berikut yang sesuai dengan ketebalan tanah penutup.

Bila ketebalan tanah penutup kurang dari 3,50 meter $P_{v1} = \frac{PVi}{Wi}$ (ton/m^2)

Bila ketebalan tanah penutup lebih besar dari 3,50 meter, muatan merata di atas gorong-gorong : $P_{v1} = 1,0 \text{ ton/m}^2$

K_0 : Koefisien tekanan tanah dalam keadaan statis, dipengaruhi oleh tekanan tanah mendatar $1,0 \text{ ton/m}^2 \times K_0$, yang diakibatkan oleh beban muatan.

P_v2 : Reaksi tanah

2.8.6 Marka dan Rambu Jalan

Jalan merupakan bangunan yang dibuat untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas perhubungan dan kegunaannya adalah sebagai penyambung badan jalan yang terputus karena adanya aliran sungai yang melintas badan jalan.

Maka dari itu diperlukan sinyal atau pun tanda untuk memperjelas peringatan yang ada di jalan seperti pada daerah tikungan, tanjakan, turunan, dan lain-lain. Sekipun marka dan rambu jalan ini hanya merupakan bangunan pelengkap, tetapi memberikan kontribusi yang besar terhadap keamanan dan kenyamanan para pengendara dalam tanda, pengaturan dan peringatan dalam berlalu lintas

2.9 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

2.9.1 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.

2.9.2 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

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

a. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan – perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungan dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

b. Analisa Satuan Alat Berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

1. Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya didapat dari pengamatan observasi lapangan.
2. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.9.3 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 di dalam suatu proyek.

2.9.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari 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.

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara sebagai berikut :

1. Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m^2) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

2. Anggaran Biaya Teliti

Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m^2 . Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti. Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh :

- a) Bestek

Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat

- b) Gambar Bestek

Gunanya untuk menentukan/menghitung/besarnya masing – masing volume pekerjaan.

c) Harga Satuan Pekerjaan

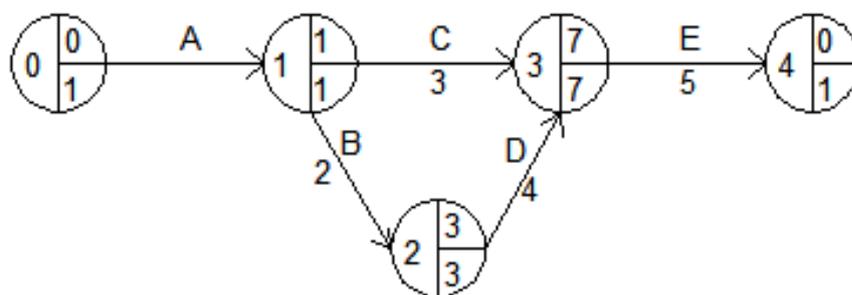
Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW.

2.9.5 Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok – pokok pekerjaan beserta biayanya.

2.9.6 Manajemen Proyek

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap – tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa – gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.



Gambar 2.31 Sketsa Network Planning

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

1. Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
2. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.

3. Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
4. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

1. Urutan pekerjaan yang logis.

Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang *slack*/kelonggaran waktu.

2. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berdada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

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

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

8. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- $\square\square\square$ (*Arrow*) bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu 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
- \Longrightarrow (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
- \bigcirc (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan
- $--\blacktriangleright$ (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.



Gambar 2.32 Simbol Kejadian

2.9.7 Barchart

Diagram barchart mempunyai hubungan yang erat dengan network planning. Barchart ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat

menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Di samping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

2.9.8 Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.