

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perancangan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas dan sebagai akses kerumah-rumah. (Silvia Sukirman, 1999)

Sebelum sampai pada suatu keputusan akhir perancangan dalam penentuan rute, banyak faktor internal yang perlu ditinjau, seperti tata ruang dimana jalan akan dibangun, data perencanaan sebelum pada lokasi atau sekitar lokasi, tingkat kecelakaan yang pernah terjadi akibat permasalahan geometrik, tingkat perkembangan lalu lintas, faktor lingkungan yang mendukung dan mengganggu serta berbagai faktor lain

Peninjauan masalah dalam hal non-teknis biasanya banyak lebih mengganggu dari pada faktor teknis. Sehingga pemikiran perancangan geometrik jalan tidak hanya dititik beratkan kepada faktor teknis saja, faktor non teknis tetap harus diperhatikan. (Saodang, Hamirhan, 2004).

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

1. Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997
2. Peraturan Perencanaan Geometrik untuk Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997
3. Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Pd-T-14-2003

4. Manual Desain Perkerasan (revisi juni 2017) No.04/SE/Db/2017
5. Perencanaan Sistem Drainase 2006

Jadi secara umum perencanaan geometrik jalan merupakan perencanaan bentuk fisik jalan yang terdiri dari aspek-aspek komponen perencanaan yakni trase jalan, badan jalan, bahu jalan, tikungan, drainase kelandaian jalan serta galian dan timbunan yang harus diawali terlebih dahulu dengan melakukan survey lapangan. Tujuan dari perencanaan geometrik ini adalah menghasilkan insfrastruktur yang aman, efisien pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan / biaya pelaksanaan. (Sukirman,1999).

2.1.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data yang sangat diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan digunakan pada suatu segmen jalan yang akan ditinjau. (Hamirham Saodang, 2004 : 34)

Besarnya volume lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur pada suatu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau Muatan Sumbu Terberat (MST) yang berpengaruh pada perencanaan konstruksi perkerasan. (Dasar Perencanaan Jalan, Survei dan data, 2001)

2.1.2 Data Peta Topografi

Survei topografi dalam perencanaan jalan raya yaitu pengukuran rute yang dilakukan bertujuan untuk memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri. Peta ini digunakan sebagai peta dasar untuk *plotting* perencanaan geometrik jalan raya, dalam hal ini perencanaan alinyemen horizontal. Kegiatan pengukuran rute ini mencakup pengukuran penampang, dilakukan sepanjang trase jalan rencana dengan menganggap sumbu jalan

rencana pada trase ini sebagai garis kerangka polygon utama. (Shirley Hendarsin,2000)

2.1.3 Data Investigasi Tanah

Penyelidikan Tanah atau CBR (*California Bearing Ratio*) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Bertujuan untuk memetakan penyebaran tanah atau batuan dasar yang meliputi kisaran tebal tanah pelapukan pada daerah sepanjang trase jalan rencana, sehingga dapat memberikan informasi mengenai stabilitas lereng, prediksi penurunan lapisan tanah dasar dan daya dukung, setelah dipadukan dengan hasil pengujian laboratorium.

2.1.4 Data Penunjang Lainnya

Data – data lain yang perlu diperhatikan diantaranya data tentang drainase. Peninjauan drainase meliputi data meteorology dan geofisika untuk kebutuhan analisis data dari stasiun yang terletak pada daerah tangkapan. Tetapi pada daerah tangkapan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat dipakai data dari stasiun di luar daerah tangkapan yang dianggap masih dapat mewakili. (L. Hendarsin Shirley, 2000)

2.2 Klasifikasi Jalan

Berdasarkan buku tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota tahun 1997, jalan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yaitu :

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsinya

Klasifikasi menurut fungsi jalan dibagi atas:

a. Jalan Arteri

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

b. Jalan Kolektor

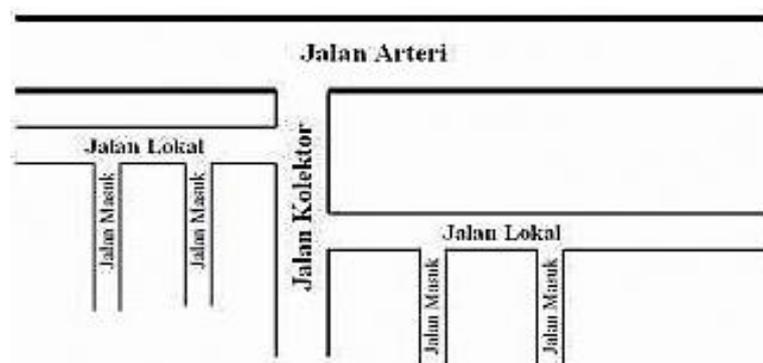
Merupakan jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang. Kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c. Jalan Lokal

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

d. Jalan lingkungan

Jalan angkutan lingkungan (jarak pendek, kecepatan rendah).



Gambar 2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

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

Tabel 2.1 Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST

No	Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat (TON)
1	Arteri	I	>10
		II	10
		III A	8
2	Kolektor	III A	8

		III B	8
--	--	-------	---

(Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

Berdasarkan peraturan perancangan geometrik jalan yang dikeluarkan oleh Bina Marga, jalan dibagi dalam kelas berdasarkan fungsinya salah satunya dengan mempertimbangkan Lalu Lintas Harian Rata-rata (smp). Kelas jalan menurut volume lalu lintas sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR) No.13/1970.

Klasifikasi menurut kelas jalan dalam Lhr untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi menurut kelas jalan dalam LHR

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.

Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi menurut medan jalan

Golongan Medan	Lereng Melintang (%)
Datar (D)	< 3

Perbukitan (B)	3 – 25
Pegunungan (G)	>25

(Sumber : *Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997*)

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997.

a. Jalan Nasional

Yaitu jalan yang menghubungkan ibu kota–ibu kota provinsi. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah pusat.

b. Jalan Provinsi

Yaitu jalan yang menghubungkan kota dalam satu propinsi. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah Provinsi.

c. Jalan Kabupaten/Kotamadya

Yaitu jalan yang meliputi kabupaten ataupun kotamadya. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah kabupaten.

d. Jalan Desa

Jalan yang menghubungkan lingkungan desa. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah desa.

e. Jalan Khusus

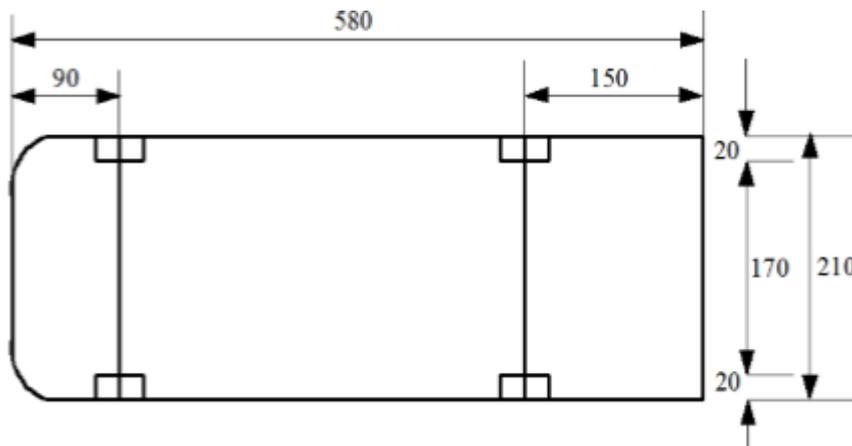
Yaitu jalan yang dibangun oleh suatu instansi, badan hukum ataupun perorangan untuk kepentingan masing- masing. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh suatu instansi, badan hukum atau perorangan yang terkait.

2.3 Kriteria Perencanaan Geometrik Jalan

Unsur jalan raya untuk tinjauan komponen geometrik direncanakan berdasarkan karakteristik dari unsur-unsur kendaraan, lalu lintas dan pengendara, disamping faktor-faktor lingkungan dimana jalan berada.

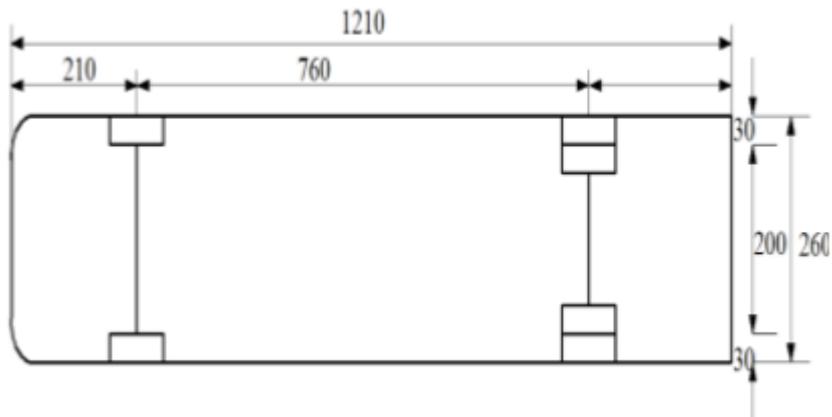
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

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



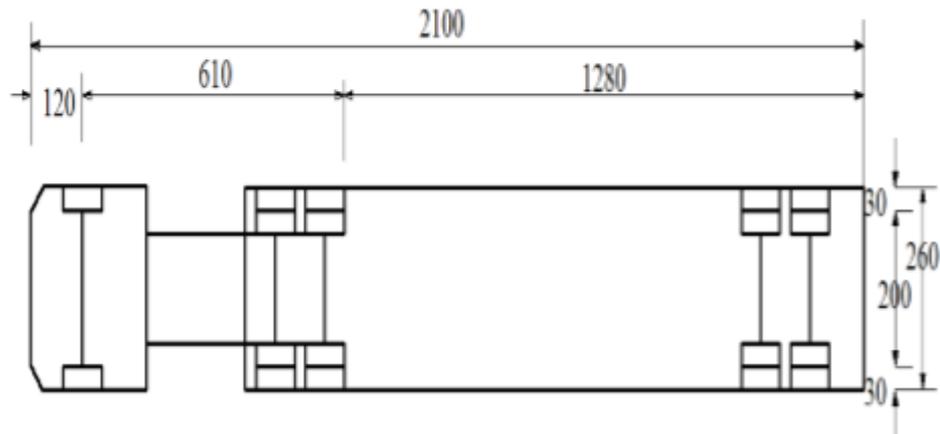
Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Kecil

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



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Sedang

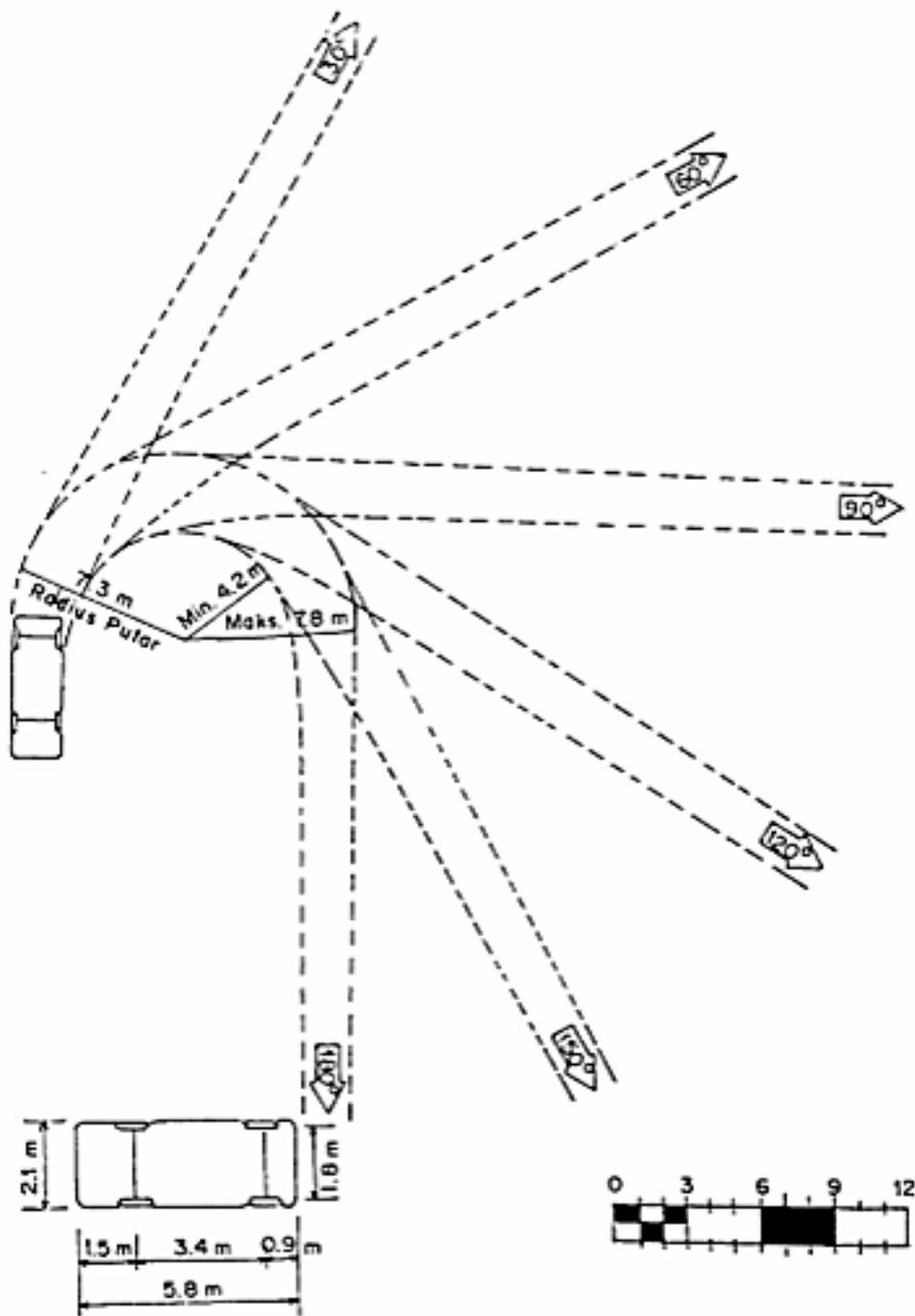
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Berat

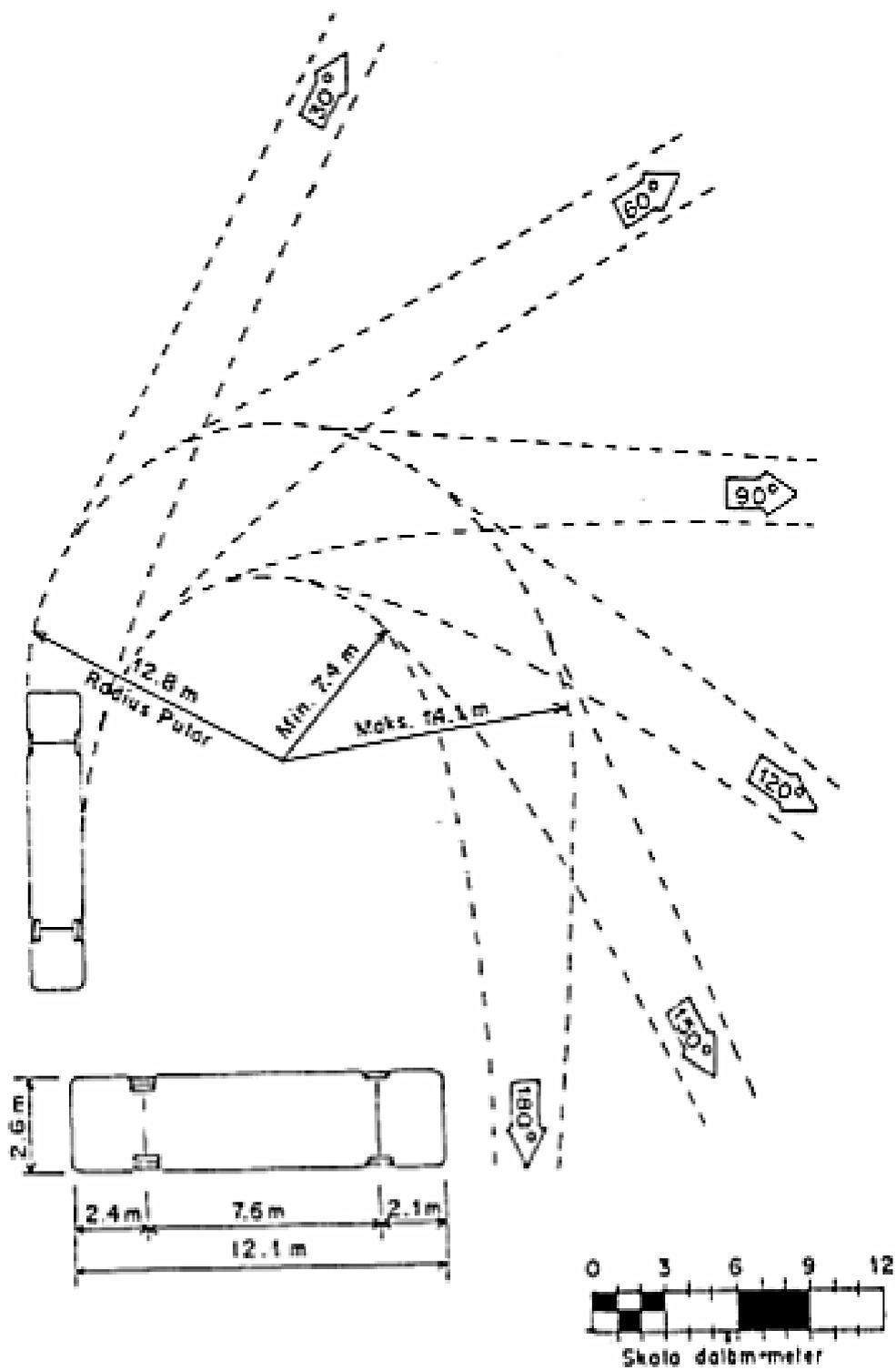
(Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*, 1997)

Radius putar dengan batas maksimal dan minimum jarak putar dari berbagai sudut untuk setiap ukuran dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2.5 Jari-jari Manuver Kendaraan Kecil

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



Gambar 2.6 Jari-jari Manuver Kendaraan Besar

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

2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencan (VR) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometik 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. Kecepatan rencana untuk masing-masing fungsi jalan dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Kecepatan Rencana (VR) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi medan jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana V_R Km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-60	30-50
Lokal	40-70	30-50	20-30

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

2.3.3 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melintas satu titik pengamatan dalam satu-satuan waktu (hari, jam atau menit). Satuan volume lalu lintas yang umum digunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur adalah:

a. Lalu Lintas Harian Rata-rata

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal dua jenis yaitu lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dan lalu lintas harian rata-rata (LHR). LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari rata-rata selama 1 tahun penuh. (Rekayasa Jalan Raya, 1998).

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

LHRT dinyatakan dalam SMP/hari/2 arah

LHR adalah jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dibandingkan atau dibagi dengan lamanya pengamatan.

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

b. Sisa umur perkerasan

Sisa umur perkerasan jalan merupakan tujuan dari evaluasi kapasitas jalan, evaluasi tersebut. Berdasarkan data perencanaan umur perkerasan jalan adalah 10 tahun dengan factor distribusi arah (DD) adalah 0,30,7 dan factor distribusi lajur (DL) adalah 0,8-1,0 (Pt T-01-2002-B) bina marga. Perhitungan umur sisa perkerasan dari data PU Bina Marga.

Adapun perhitungan sisa umur perkerasan sebagai berikut :

Mencari angka ekivalen tiap kendaraan :

$$E \text{ sumbu tunggal} = \left(\frac{\text{beban sumbu tunggal (kg)}}{8160} \right)^4 \times 1$$

Menghitung nilai AE 18 KSAL (lintas ekivalen selama umur rencana) menggunakan angka ekivalen tiap kendaraan :

$$(\text{ESAL}) W18 = \Sigma \text{LHR} \times \text{AE} \times \text{DD} \times \text{DL} \times 365$$

Keterangan :

W18 = Traffic design pada lajur lalu lintas, Equivalent Single Axle Load (ESAL)

LHR = Jumlah lalu lintas harian rata-rata 2 arah

DD = Faktor distribusi arah

DL = Faktor distribusi lajur

Mencari sisa umur perkerasan dengan rumus :

$$\text{RL} = 100 \left(1 - \left(\frac{\text{NP}}{\text{N1,5}} \right) \right)$$

Keterangan :

RL = Remaining life

NP = Total traffic yang telah melewati

N1,5 = Total traffic pada kondisi perkerasan berakhir (failure) (ESAL)

Tabel Muatan Sumbu Terberat MST

Golongan	Nilai MST (ton)	MST Ijin (ton)	Perbandingan MST Ijin(%)
Gol. 6a	30.1673	10	20,16730544
Gol. 6b	26.2578	10	16,25780818
Gol. 7a	45.1495	10	35,14947764
Gol. 7b	40.1160	10	30,11604075
Gol. 7c	29.9765	10	19,97646431

Tabel Nilai Fktor Distribusi Arah (Dd) dan Nilai Faktor distribusi Lajur

Jumlah Lajur Tiap Arah	Nilai D _L
1	1
2	0,8 – 1
3	0,6 – 0,8
4	0,5 – 0,75
Faktor Distribusi Arah (D_D)	0,8

Tabel Nilai Vichele Damage Factor (PDF) Rencana

Klasifikasi Kendaraan	Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Kelompok Sumbu	Nilai VDF
Golongan 2	Sedan/Angkot	1.1	2	0,00045
Golongan 3	Pick up/ Station wagon	1.1	2	0,00045
Golongan 4	Pick up box	1.1	2	0,00045
Golongan 5a	Bus Kecil	1.2	2	0,3
Golongan 5b	Bus Besar	1.2	2	1
Golongan 6a	Truk 2 sumbu-Ringan	1.2	2	0,8
Golongan 6b	Truk 2 sumbu-Berat	1.2	2	0,9
Golongan 7a	Truk 3 sumbu-Ringan	1.22	3	7,6
Golongan 7b	Truk 3 sumbu-Sedang	1.22	3	28,1
Golongan 7c	Truk 3 sumbu-Berat	1.2.2	3	28,9

2.3.4 Jarak pandang

Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasi pada saat mengemudi, sangat tergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya. Panjang jalan di depan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari

titik kedudukan pengemudi, disebut dengan Jarak Pandangan. Jarak pandangan berguna untuk :

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

Dilihat dari kegunaannya jarak pandangan dapat di bedakan atas :

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

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

$$d1 = V \times t \dots\dots\dots$$

Dimana :

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

V = kecepatan rencana (km/jam)

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

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

b) Jarak pengereman (Jhr) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi rem menginjak sampai kendaraan berhenti. Syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada tabel 2.10 sebagai berikut :

Tabel 2.6 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum

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

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

2. Jarak Pandangan Mendahului (Jd) Jarak pandang mendahului yaitu jarak pandangan yang dibutuhkan untuk dapat menyiap kendaraan lain yang berada pada lajur jalannya dengan menggunakan lajur untuk arah yang berlawanan.

Tabel 2.7 Panjang Minimum Jarak Mendahului

Vr (Km/Jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd Min (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

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

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

$$d1 = 0.278 \cdot t1 (v-m + a \cdot t1^2) \dots\dots\dots (2.35)$$

$$d2 = 0.278 \cdot v \cdot t2 \dots\dots\dots (2.36)$$

$$d3 = \text{diambil } 30 - 100 \text{ cm} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$d4 = \frac{2}{3} \cdot d2 \dots\dots\dots (2.38)$$

$$d = d1 + d2 + d3 + d4 \dots\dots\dots (2.39)$$

$$d_{min} = \frac{2}{3} \cdot d2 + d3 + d4 \dots\dots\dots (2.40)$$

Dimana :

$$t1 = \text{Waktu reaksi } (t1 = 2.12 + 0.126 \cdot v)$$

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

v = Kecepatan rata-rata dianggap sama dengan kecepatan rencana

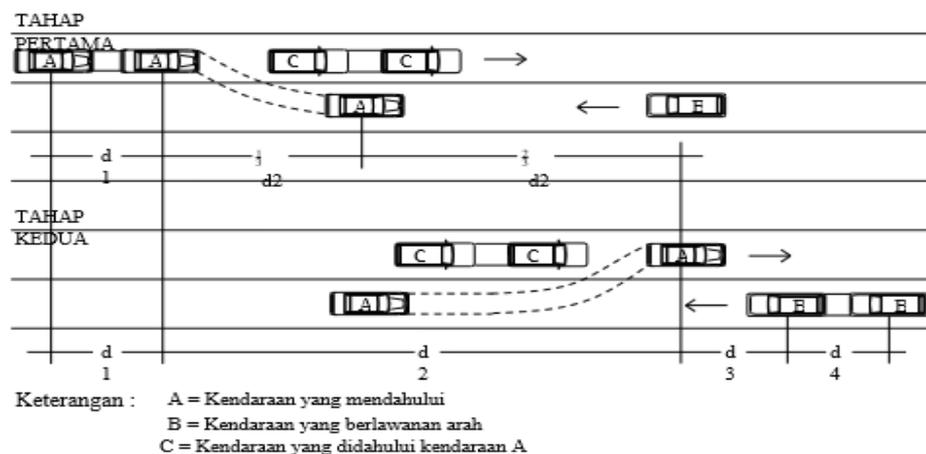
a = Percepatan rata-rata ($a = 2.052 + 0.0036 v$)

d_2 = Jarak yang ditempuh kendaraan yang menyiap berada pada lajur

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

Adapun asumsi yang diambil dalam perhitungan :

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



Gambar 2.7 Diagram Pergerakan Kendaraan untuk Mendahului

2.3.5 Stationing

Stationing merupakan penandaan suatu titik ke titik – titik lainnya yang digunakan untuk mengetahui suatu jarak dengan menggunakan sistem penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah

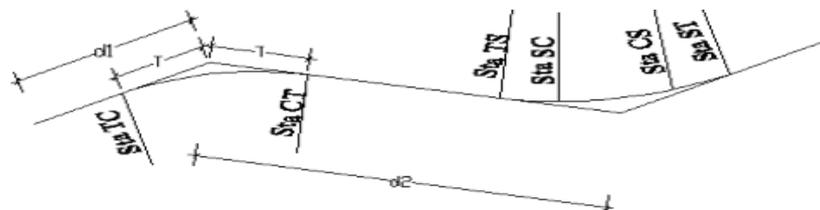
memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat.

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

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

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

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



Gambar 2.8 Sistem Penomoran *Stationing* Jalan

2.4 Bagian – Bagian Jalan dan Penentuan Trase Jalan

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

1. Ruang Manfaat Jalan (RUMAJA)

Ruang manfaat jalan (RUMAJA) yaitu daerah yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman.

2. Ruang Milik Jalan (RUMIJA)

Ruang milik jalan (RUMIJA) adalah ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan ruang manfaat jalan ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.

3. Ruang Pengawasan Jalan (RUWASJA)

Ruang pengawasan jalan (RUWASJA) adalah ruang sepanjang jalan diluar ruang manfaat jalan yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu.

2.5 Lalu Lintas Harian Rata – Rata

Lalu - lintas harian rata-rata (LHR) adalah jumlah total volume lalu-lintas roda empat atau lebih dalam satu tahun dibagi dengan jumlah hari dalam satu tahun. (Perencanaan Jalan Beton Semen PU, 2003)

Tabel 2.8 Faktor pertumbuhan lalu lintas (R)

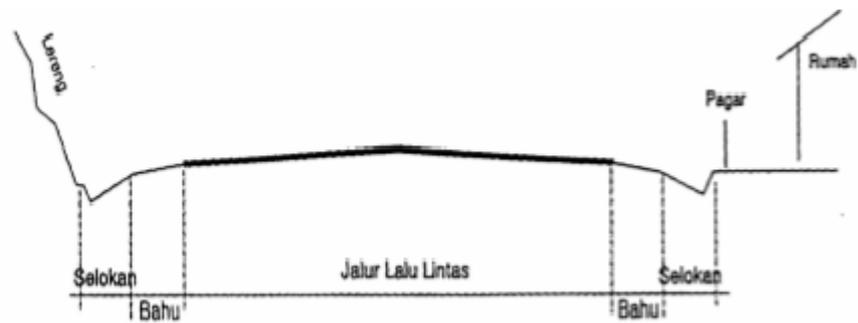
Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1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

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

2.6 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan merupakan bagian – bagian jalan yang terdiri dari (perhatikan gambar):

1. Jalur Lalu Lintas
2. Median
3. Bahu Jalan
4. Jalur Pejalan Kaki
5. Selokan
6. Lereng



Gambar 2.9 Penampang Melintang Jalan Tipikal



Gambar 2.10 Penampang Melintang Jalan Tipikal dilengkapi trotoar

2.6.1 Jalur lalu lintas

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

- a. Median
- b. Bahu
- c. Trotoar
- d. Pulau Jalan

e. Separator

Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe :

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

di mana n = jumlah lajur

Keterangan :

TB = tidak terbagi

B = terbagi

- a. Lebar Jalur Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan dan lebar lajur peruntukannya. Tabel 2.13 menunjukkan lebar jalur dan bahu sesuai VLHR-nya. Lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktuwaktu dapat menggunakan bahu jalan.

Tabel 2.9 Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Lebar Ideal (m)		Lebar Minimum (m)		Lebar Ideal (m)		Lebar Minimum (m)		Lebar Ideal (m)		Lebar Minimum (m)	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
<3.000	6	1.5	4.5	1	6	1.5	4.5	1	6	1	4.5	1
3.000-10000	7	2	6	1.5	7	1.5	6	1.5	7	1.5	6	1
10000-25000	7	2	7	2	7	2	**)	**)	-	-	-	-
>25000	2nx3 5*)	2.5	2x7.0	2	2nx3 5*)	2	**)	**)	-	-	-	-

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

Keterangan **) = mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 jalur terbagi

- = tidak terbagi

2.6.2 Lajur

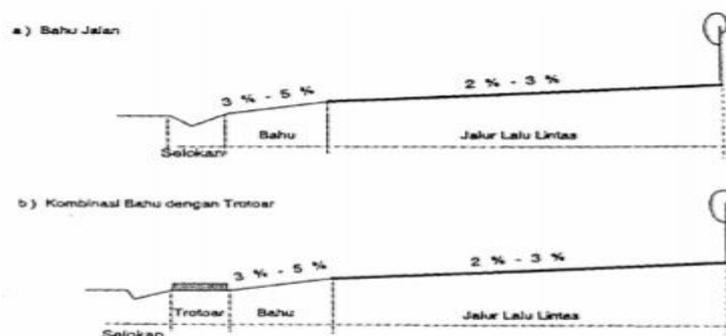
Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana. Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan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

- 2 – 3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton
- 4– 5% untuk perkerasan krikil

2.6.3 Bahu Jalan

Bahu Jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras (Lihat Gambar 2.10). Kemiringan bahu jalan normal antara 3 – 5%. Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut :

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



Gambar 2.11 Bahu Jalan

2.6.4 Median

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

Fungsi median adalah untuk :

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

Median dapat dibedakan atas :

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

2.6.5 Fasilitas pejalan kaki

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

2.7 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah garis proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang datar peta (trase). Trase jalan biasa disebut situasi jalan, secara umum menunjukkan arah dari jalan yang bersangkutan. (Sukirman, 1999)
Alinyemen horizontal terdiri dari :

2.7.1 Penentuan trase jalan

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

1. Penentuan Trase Jalan

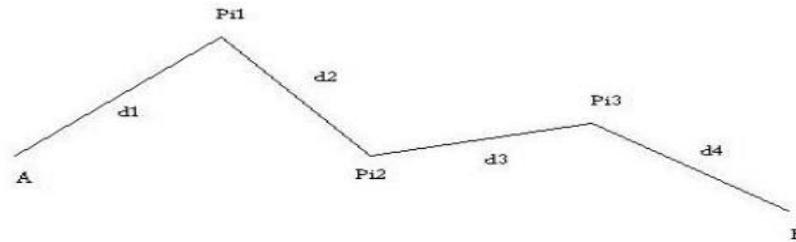
Dalam penentuan *trase* jalan harus diterapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pemakainya. Untuk membuat *trase* jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat-syarat sebagai berikut :

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

Tujuan dari syarat teknis ini adalah untuk mendapatkan jalan yang memberikan rasa keamanan (keselamatan) dan kenyamanan bagi pemakai jalan tersebut. Oleh karena itu yang perlu diperhatikan adalah keadaan topografi daerah tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai keadaan kondisi topografi elevasi muka tanah pada daerah tersebut. Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuia V_R).

2. Penentuan Koordinat dan Jarak

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



Gambar 2.12 Penentuan Koordinat dan Jarak

Titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah :

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

Jarak yang harus dihitung setelah penentuan koordinat adalah :

d_1 = jarak titik A – titik PI 1

d_2 = jarak titik PI 1 – titik PI 2

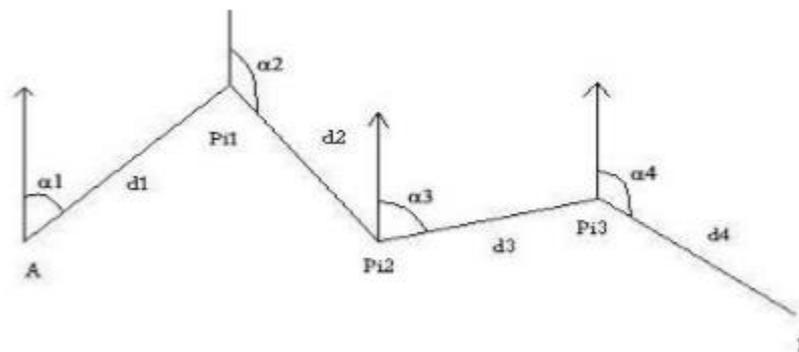
d_3 = jarak titik PI 2 – titik PI 3

d_4 = jarak titik PI 3 – titik B

Rumus yang dihitung menghitung jarak adalah :

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

3. Menentukan Sudut Jurusan (α) dan Sudut Bearing (Δ)



Gambar 2.13 Penentuan Sudut Jurusan (α)

Sudut jurusan (α) ditentukan berdasarkan arah utara

$$\alpha_1 = \alpha (A - P_{11})$$

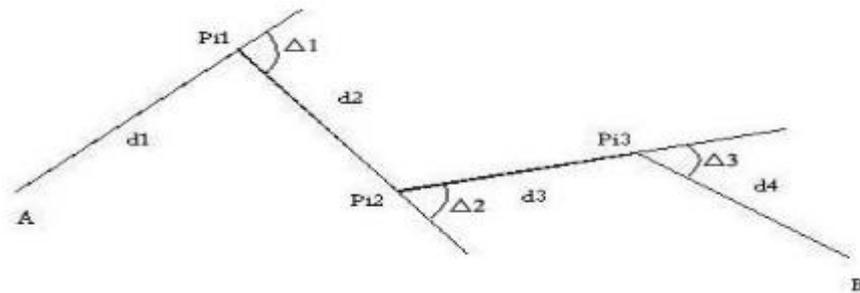
$$\alpha_2 = \alpha (P_{11} - P_{12})$$

$$\alpha_3 = \alpha (P_{12} - P_{13})$$

$$\alpha_4 = \alpha (P_{13} - P_{14})$$

Sudut jurusan (α) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = \arctg \frac{yb-ya}{xb-xa}$$



Gambar 2.14 Penentuan Sudut Bearing (Δ)

4. Tikungan

Terdapat tiga jenis bentuk tikungan, antara lain :

a. Bentuk tikungan *full circle* (FC)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Tikungan *full circle* hanya dapat digunakan untuk radius lengkung yang besar (disarankan $>$, dimana superelevasi yang dibutuhkan kurang atau sama dengan 3 %). Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *full circle*, yaitu :

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max} + f_m)} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$D_{\max} = \frac{1432,4}{R_{\min}}; D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} \cdot D^2 + \frac{2e_{\max}}{D_{\max}} \cdot D \dots\dots\dots(2.3)$$

$$L's = (e + en) \cdot \frac{1}{2} \cdot B \cdot m \dots\dots\dots (2.4)$$

$$L's = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \cdot \frac{V \cdot e}{c} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Tc = R \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.6)$$

$$Ec = T \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Lc = \frac{\pi}{180} \Delta R \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

Tc = Jarak Tc dan PI

R = Jari-jari

Ec = Jarak PI ke busur lingkaran

Lc = Panjang busur lingkaran

Ls = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

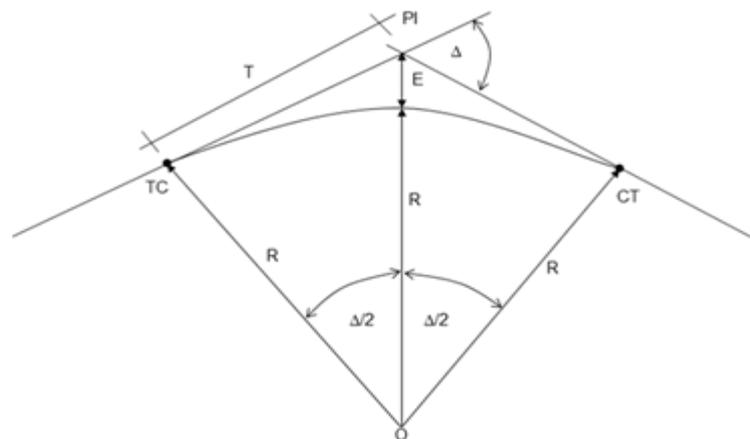
V = Kecepatan

B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

f_m = Koefisien gesekan melintang = $0,19 - 0,000625 V$

m = Landai relatif = $2 \cdot V + 40$



Gambar 2.15 Tikungan *full circle*

b. Bentuk tikungan *spiral-circle-spiral* (SCS)

Bentuk tikungan ini terdiri dari bagian lingkaran (*circle*) dan bagian yang lurus. Lengkung spiral merupakan peralihan bagian lurus ke bagian *cicle* yang berfungsi mengurangi pengaruh gaya sentrifugal. Rumus-rumus yang digunakan dalam menghitung tikungan *spiral-circle-spiral* (SCS) adalah :

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max} + fn)} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$D_{\max} = \frac{1432,4}{R_{\min}}; D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} \cdot D^2 + \frac{2e_{\max}}{D_{\max}} \cdot D \dots\dots\dots(2.11)$$

$$L's = (e + en) \cdot \frac{1}{2} \cdot B.m \dots\dots\dots(2.12)$$

$$L's = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R.c} - 2,727 \cdot \frac{V.e}{c} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$Ts = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots(2.14)$$

$$Es = \frac{R + P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots(2.15)$$

$$L = Lc + 2 Ls \dots\dots\dots(2.16)$$

$$Lc = \frac{\Delta}{360} \cdot 2\pi R \dots\dots\dots(2.17)$$

$$\Delta = \Delta - 2 \cdot \theta_s \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

Ts = Titik perubahan dari tangen ke spiral

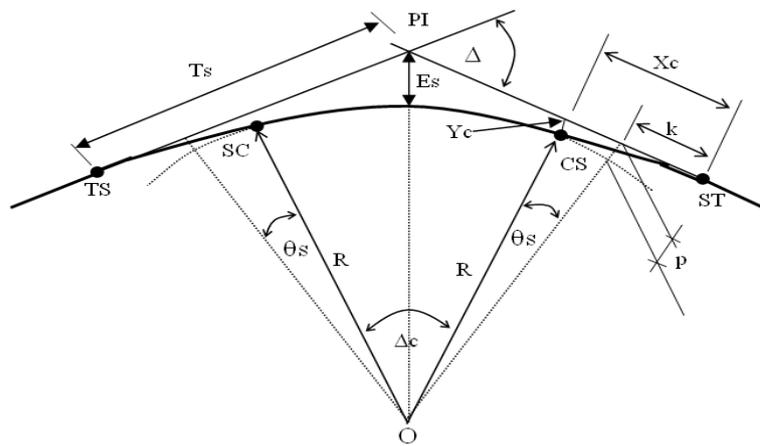
R = Jari-jari

Es = Jarak PI ke busur lingkaran

Lc = Panjang lengkung lingkaran

Ls = Lengkung peralihan fiktif

- D = Derajat lengkung
- V = Kecepatan
- B = Lebar jalan
- C = Perubahan percepatan
- fm = Koefisien gesekan melintang = 0,19 – 0,000625 V
- m = Landai relatif = 2.V + 40



Gambar 2.16 Tikungan Spiral–Circle–Spiral

c. Bentuk tikungan spiral – spiral (SS)

Lengkung ini hanya terdiri dari bagian spiral saja. Jenis lengkung ini dipergunakan untuk tikungan yang tajam. Relatif besar dan jari-jari yang relatif kecil. Rumus-rumus yang digunakan dalam menghitung tikungan spiral – spiral (SS) adalah :

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max} + fm)} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$D_{\max} = \frac{1432,4}{R_{\min}} ; D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} \cdot D^2 + \frac{2e_{\max}}{D_{\max}} \cdot D \dots\dots\dots (2.21)$$

$$L's = (e + en) \cdot \frac{1}{2} \cdot B \cdot m \dots\dots\dots (2.22)$$

$$L's = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \cdot \frac{V \cdot e}{c} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$Ls^* = \frac{\theta_s \cdot \pi}{90} \cdot R \dots\dots\dots (2.24)$$

$$Ts = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.25)$$

$$Es = \frac{R + P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots (2.26)$$

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

Dimana :

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

Ts = Titik perubahan dari tangen ke spiral

R = Jari-jari

Es = Jarak PI ke busur lingkaran

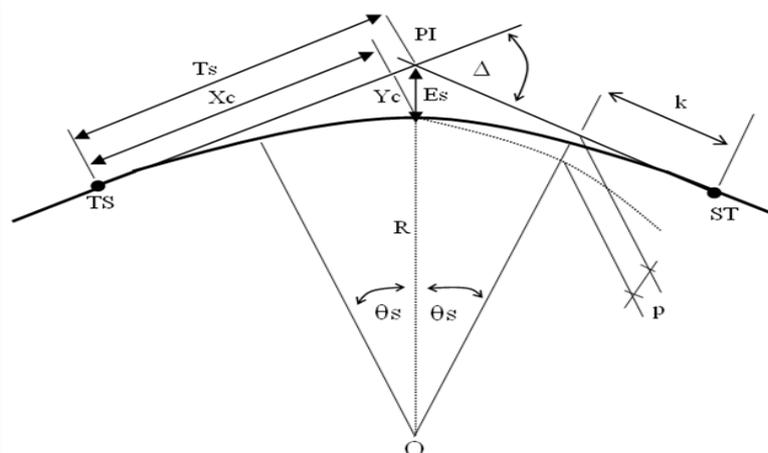
Ls = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

C = Perubahan percepatan

f_m = Koefisien gesekan melintang = $0,19 - 0,000625 V$

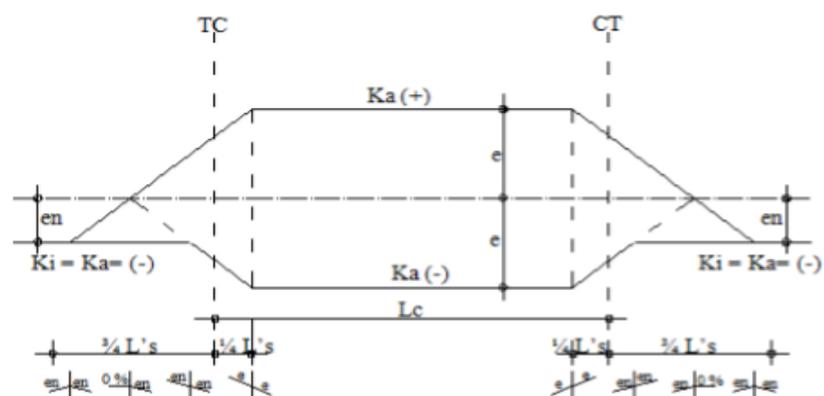
m = Landai relatif = $2 \cdot V + 40$



Gambar 2.17 Tikungan Spiral–Spiral

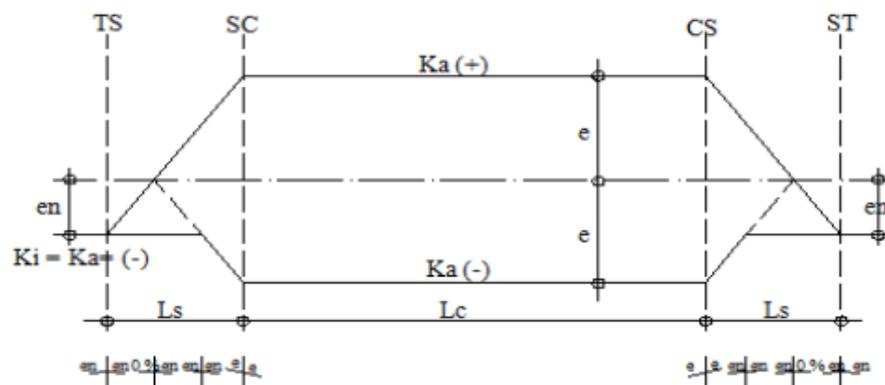
5. Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan kemiringan jalan pada bagian tertentu, superelevasi berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya dilapangan. Adapun gambar diagram superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.11, 2.12, dan 2.13 sebagai berikut :



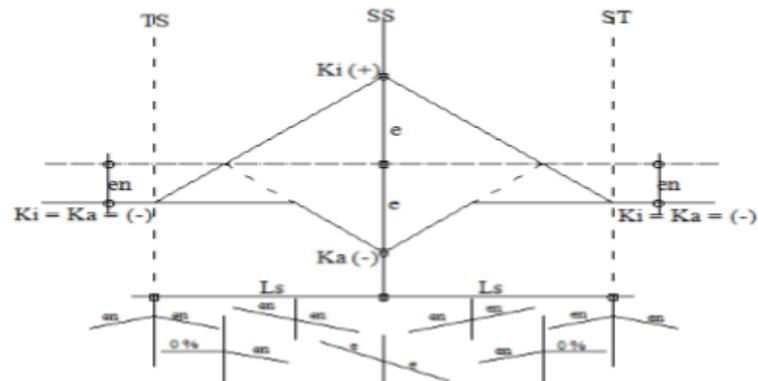
Gambar 2.18 Diagram Superelevasi Full Circle

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



Gambar 2.19 Diagram Superelevasi Spiral - Circle - Spiral

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



Gambar 2.20 Diagram Superelevasi Spiral – Spiral

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

6. Pelebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

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

Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan sangat tergantung pada: Jari tikungan (R), Sudut tangent (Δ), dan Kecepatan rencana (V).

Adapun rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran pada tikungan :

$$R_c = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b'$$

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

$$Z = \frac{0,105.V}{\sqrt{R}}$$

$$B_t = n (B + c) + z$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan pada tikungan (m)

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

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

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran dalam mengemudi (m)

R = Radius lengkung (m)

n = Jumlah lajur

C = Kebebasan samping (1,0 m)

2.8 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan yang umumnya biasa disebut profil/penampang memanjang jalan. (Hamirhan Saodang, 2004).

Alinyemen vertikal terdiri dari :

2.8.1 Kelandaian Alinyemen Vertikal

Kelandaian alinyemen vertikal terdiri dari empat yaitu :

1. Landai minimum

Lereng melintang jalan yang hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh di badan jalan sedangkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping yang berfungsi membuang air permukaan sepanjang diperlukan suatu kelandaian minimum.

2. Landai maksimum

Kelandaian maksimum yang ditetapkan untuk berbagai variasi kecepatan rencana dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak lurus tanpa kehilangan kecepatan berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang separuh dari kecepatan semula tanpa harus berpindah ke gigi rendah.

3. Panjang kritis suatu kelandaian

Panjang kritis landai adalah panjang kelandaian yang mengakibatkan pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh rencananya.

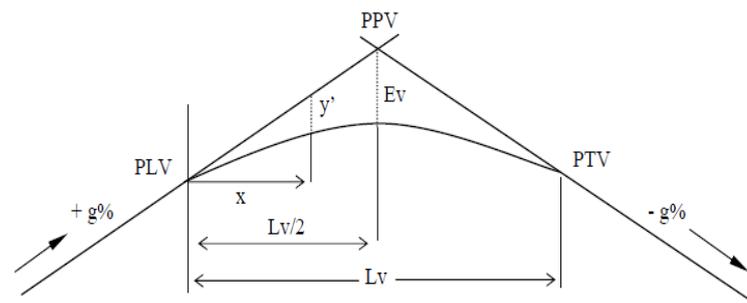
4. Lajur pendakian

Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan

dibawah kecepatan rencana (V_R) sedangkan kendaraan lainnya masih dapat bergerak dengan kecepatan rencana.

5. Lengkung Vertikal

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



Gambar 2.21 Bentuk lengkung vertikal Cembung dan bagian-bagiannya.

Kelandaian menaik (naik) diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan. Dari gambar 2.4 diatas, besarnya defleksi (y') antara garis kemiringan (tangen) dan garis lengkung dapatdihitung dengan rumus;

$$y' = \frac{(g_2 - g_1)}{2.L_v} x^2 \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana :

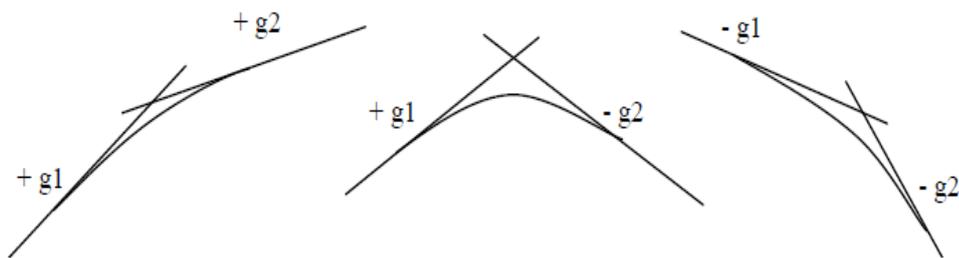
- x = jarak horisontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)
- Y' = besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkung (m).
- g_1, g_2 = besar kelandaian (kenaikan/penurunan) (%).
- L_v = panjang lengkung vertikal (m).

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

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1)}{800} \dots\dots\dots(2.29)$$

a. Lengkung vertikal cembung

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



Gambar 2.22 Bentuk-bentuk lengkung vertikal cembung

Rumus-rumus yang berlaku:

Panjang L_v berdasarkan J_h . (dalam meter)

$$j_h < L_v, maka L_v = \frac{A \cdot j_h^2}{399} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$j_h > L_v, maka L_v = 2 \cdot j_h - \frac{399}{A} \dots\dots\dots(2.31)$$

Panjang L_v berdasarkan J_d . (dalam meter)

$$j_d < L_v, maka L_v = \frac{A \cdot j_d^2}{840} \dots\dots\dots(2.32)$$

$$j_d > L_v, maka L_v = 2 \cdot j_d - \frac{840}{A} \dots\dots\dots(2.33)$$

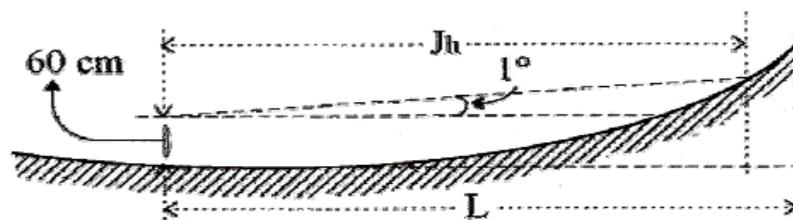
Dimana :

- J_h = jarak pandang henti (m)
- J_d = jarak pandang mendahului/menyiap (m)
- g_1, g_2 = kemiringan / tangen (%)
- L_v = panjang lengkungan (m)
- A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%)

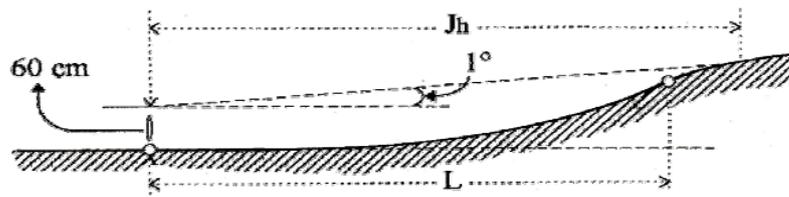
b. Lengkung vertikal cekung

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

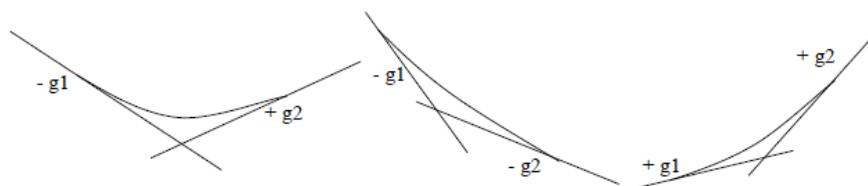
- Jarak sinar lampu besar dari kendaraan,
- Kenyamanan pengemudi,
- Ketentuan drainase, dan
- Penampilan secara umum.



Untuk $J_h < L_v$



Untuk $J_h > L_v$



Gambar 2.23 Asumsi penentuan Panjang Lengkung Vertikal Cekung

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

$$jh < Lv, maka Lv = \frac{A.jh^2}{120+3,5Jh} \dots\dots\dots(2.34)$$

$$jh > Lv, maka Lv = 2.jh - \frac{120+3,5Jh}{A} \dots\dots\dots(2.35)$$

Dimana :

Jh = jarak pandang henti (m)

g1, g2 = kemiringan / tangen (%)

Lv = panjang lengkungan (m)

A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%) dimana

6. Koordinasi Alinyemen

Pada perancangan teknik jalan, diperlukan untuk menjamin suatu perancangan teknik jalan raya yang baik dan menghasilkan keamanan serta rasa nyaman bagi pengemudi kendaraan yang melalui jalan tersebut.

7. Penentuan *Stationing*

Penomoran (*Stationing*) panjang jalan pada tahap perancangan adalah memberikan nomor pada interval – interval tertentu dari awal pekerjaan.

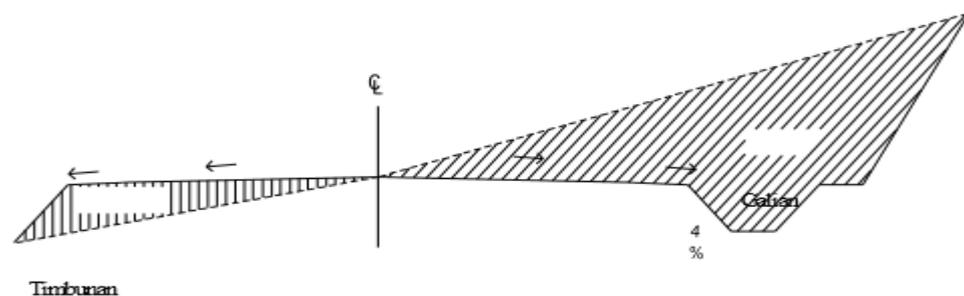
2.9 Perhitungan Galian dan Timbunan

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

Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

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



Gambar 2.24 Galian dan Timbunan

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

2.10 Perancangan Tebal 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 kasa r(batu pecah) + pasir + semen + air dan additive atau tulangan jika diperlukan. Jenis perkerasan ini jauh lebih baik dibandingkan dengan perkerasan lentur, namun dari segi biaya perkerasan ini tergolong mahal.

Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) biasanya terdiri dari plat beton semen (*slab*) yang dibangun langsung atau dengan perantara lapis pondasi 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. Menurut Manual Desain Perkerasan (revisi juni 2017) no 04/SE/Db/2017 gambar tipikal perkerasan kaku dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.25 Gambar tipikal perkerasan kaku pada permukaan tanah asli



Gambar 2.26 Gambar tipikal perkerasan kaku pada timbunan



Gambar 2.27 Gambar tipikal perkerasan kaku pada galian

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

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

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

1. Keuntungan pemakaian perkerasan kaku, yaitu:
 - a. Life-cycle-cost lebih murah dari pada perkerasan aspal.
 - b. Perkerasan kaku lebih tahan terhadap serangan air.
 - c. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemeliharaan.
 - d. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemanfaatan (overloading).
 - e. Memiliki umur rencana yang lebih lama.
 - f. Semen diproduksi dalam negeri sehingga tidak tergantung dari import.
 - g. Keseluruhan tebal perkerasan jauh lebih kecil dari pada perkerasan aspal sehingga dari segi lingkungan/*environment* lebih menguntungkan
2. Kerugian dalam pemakaian perkerasan kaku, yaitu:
 - a. Permukaan perkerasan beton semen mempunyai riding comfort yang lebih jelek dari pada perkerasan aspal, yang akan sangat terasa melelahkan untuk perjalanan jauh.
 - b. Warna permukaan yang keputih-putihan menyilaukan disiang hari, dan marka jalan (putih/kuning) tidak kelihatan secara kontras.
 - c. Perbaikan kerusakan keseluruhan konstruksi perkerasan sehingga akan sangat mengganggu lalu lintas.
 - d. Biaya yang dikeluarkan tergolong mahal.
 - e. Pelapisan ulang/overlay tidak mudah dilakukan.

- f. Perlunya waktu untuk menunggu perkerasan menjadi kaku \pm 28 hari.
- g. Perbaikan permukaan yang sudah halus (polished) hanya bisa dilakukan dengan grinding machine atau pelapisan ulang dengan campuran aspal, yang kedua-duanya memerlukan biaya yang cukup mahal.

2.10.1 Jenis dan sifat perkerasan kaku

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

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

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

2.10.2 Persyaratan Teknik Perencanaan Perkerasan Kaku

1. Tanah dasar

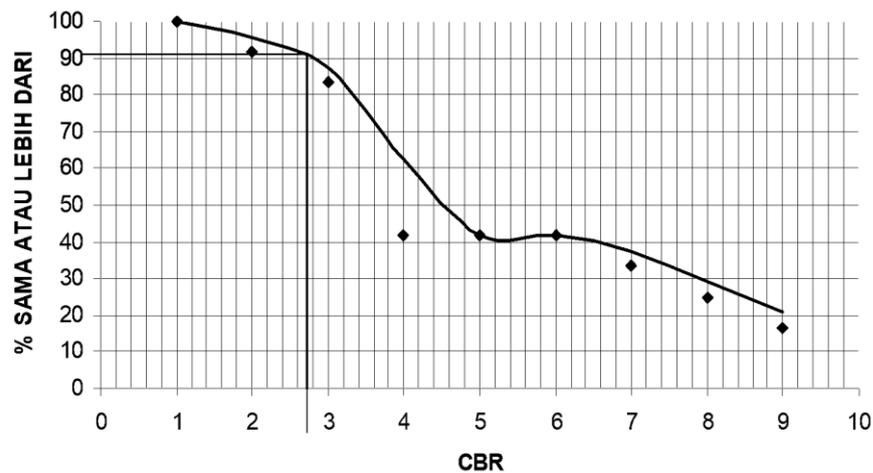
Menurut Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003 terdapat beberapa persyaratan dalam merencanakan perkerasan kaku, yaitu :

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR *in situ* sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing-masing untuk perancangan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. CBR (California Bearing Ratio) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

Dalam perhitungan atau pengambilan data CBR di lapangan dimulai dari titik per 500 m, kemudian digabungkan menjadi sebuah segmen dan perhitungan segmen CBR dibagi menjadi 2 yaitu :

2. Cara Grafis

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



2. Cara Grafis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$CBR \text{ Segmen} = (\underline{CBR_{rata-rata} - CBR_{min}}) \dots\dots\dots(2.36)$$

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

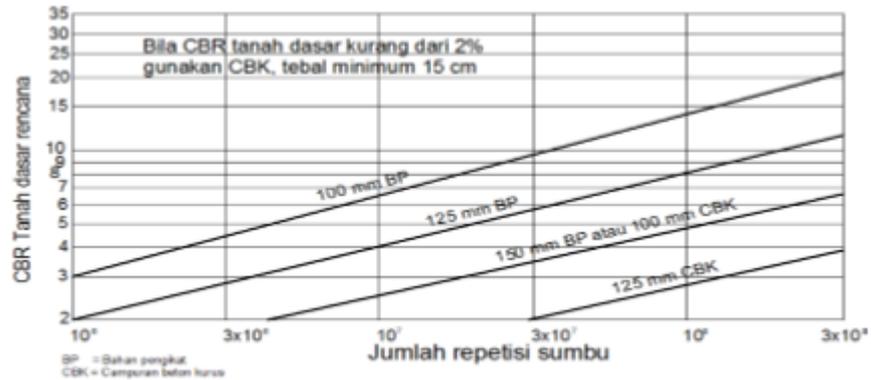
Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.16.

2. Lapis pondasi bawah

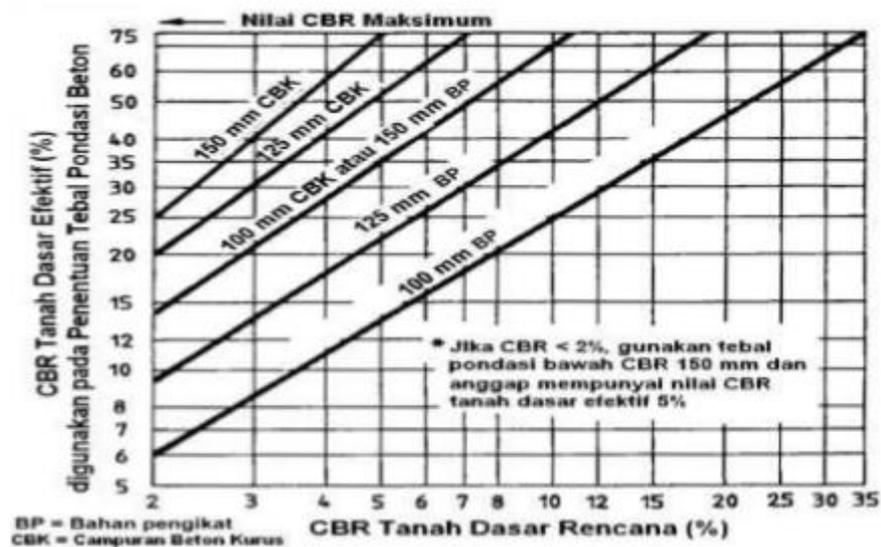
Lapis pondasi bawah berfungsi untuk menambah daya dukung tanah dasar, menyediakan lantai kerja yang stabil dan mendapatkan permukaan dengan daya dukung yang seragam. Lapis pondasi bawah juga dapat mengurangi lendutan pada sambungan-sambungan sehingga menjamin penyaluran beban melalui sambungan muai dalam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

- a. Bahan berbutir Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas
- b. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3%-5%.
 - 1) Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau slag yang dihaluskan.
 - 2) Campuran beraspal bergradasi rapat (dense-graded asphalt).
 - 3) Campuran beton kuring giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5Mpa (55kg/cm^2).
- c. Campuran beton kuring (Lean Mix Concrete) Campuran Beton Kuring (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50kg/cm^2) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 Mpa (70 kg/cm^2) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10cm. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran

beton kurus(CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada gambar 2.28 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari gambar



Gambar 2.28 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen



Gambar 2.29 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

3. Beton semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (flexural strength) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTMC-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 Mpa (30-50kg/cm²). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan

bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 Mpa (50-55kg/cm²). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 Mpa (2,5kg/cm²) terdekat. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut :

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

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

Dimana :

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

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

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

4. Beban Lalu Lintas

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintasharus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perancangan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perancangan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut:

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

5. 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

$$\text{sebagai berikut } R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots(2.37)$$

Dimana:

R = faktor pertumbuhan lalulintas

I = laju pertumbuhan lalulintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

2.10.3 Tata Cara Perancangan Penulangan

Perancangan tulangan dilaksanakan berdasarkan jenis perkerasan kaku, yaitu :

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
2. Perkerasan beton semen sersambung dengan tulangan :

$$As = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot fs}$$

Dimana :

As = luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat)

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

g = gravitasi (m/detik)

h = tebal pelat beton (m)

L = Jarak antara sambungan yang tidak diikat 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 2.6.

3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

Penulangan memanjang

$$Ps = \frac{100 \times fct \times (1,3 - 0,2\mu)}{fy - n \cdot fct}$$

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),

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)

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

$$L_{cr} = \frac{f_{cr}^2}{N \times P^2 \times f_b (\epsilon_s \times E_c - f_{ct})}$$

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)

ϵ_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)

i. Sambungan

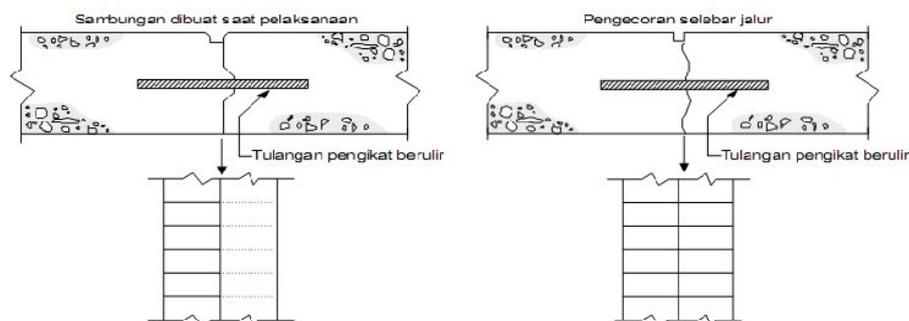
Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

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

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

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

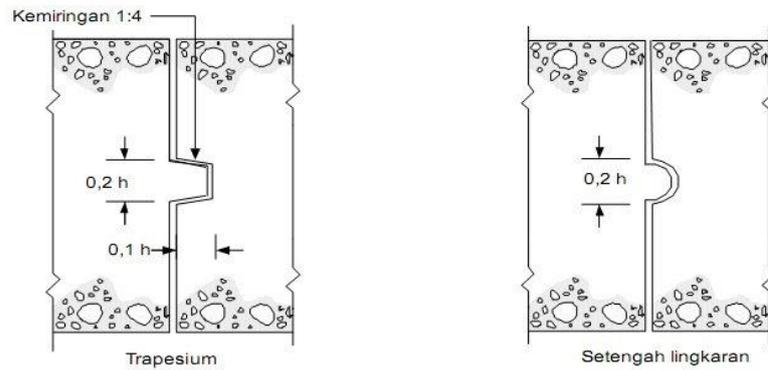
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.30



Gambar 2.30 Tipikal Sambungan Memanjang.

2. Sambungan pelaksanaan memanjang

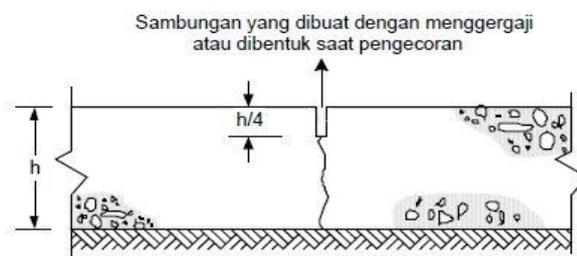
Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.9.



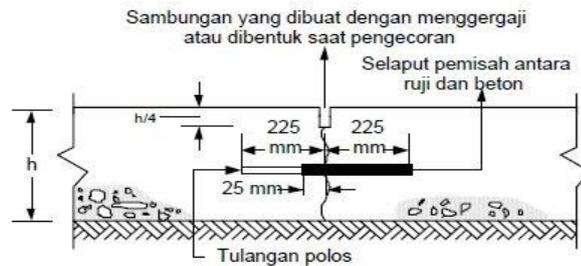
Gambar 2.31 Ukuran standar penguncian sambungan memanjang

3. Sambungan susut memanjang
4. Sambungan susut dan sambungan pelaksanaan melintang
5. Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.10 dan gambar 2.11.



Gambar 2.32 Sambungan susut melintang tanpa ruji

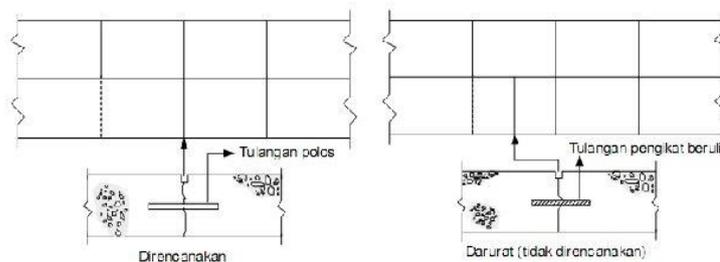


Gambar 2.33 Sambungan susut melintang dengan ruji

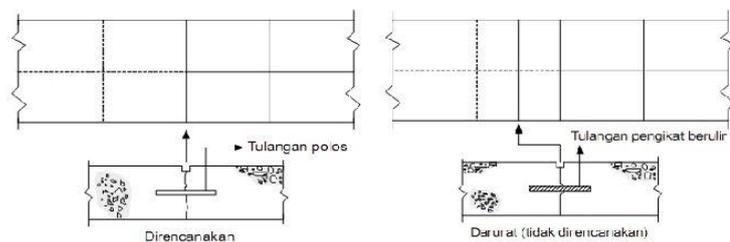
Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada tabel 2.8

6. Sambungan pelaksanaan melintang

Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.



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

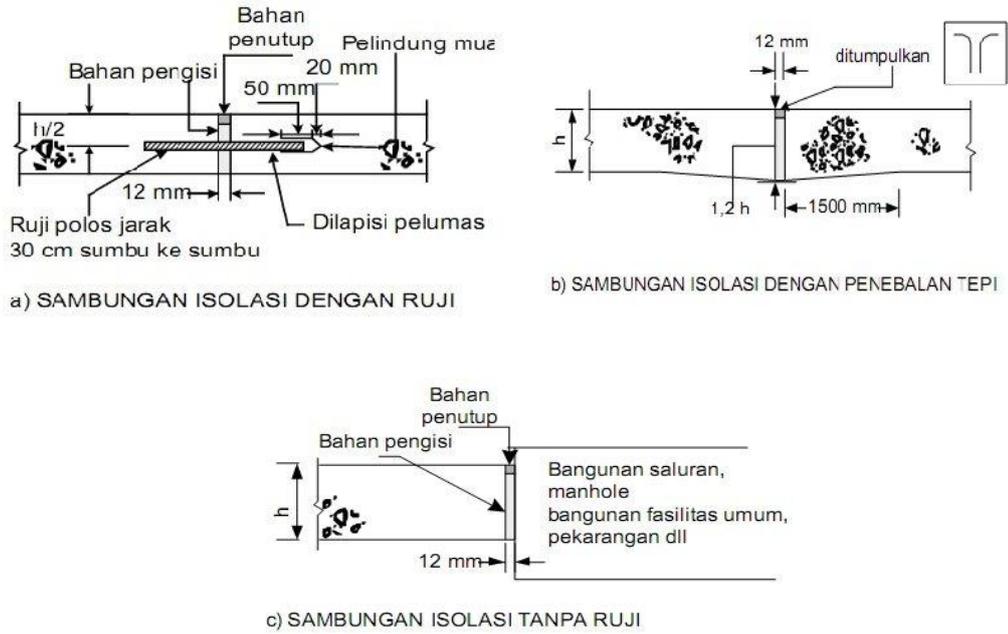


Gambar 2.35 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

7. Sambungan isolasi

Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5–7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint*

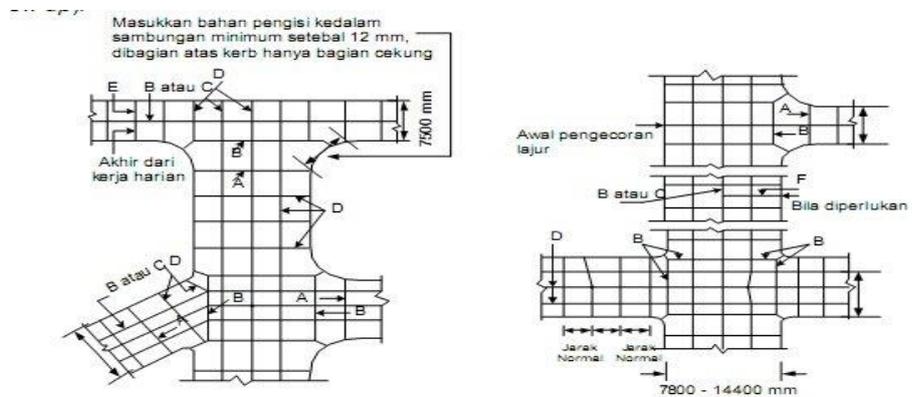
filler) sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.36.



Gambar 2.36 Sambungan Isolasi

8 . Penutup sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan.



Gambar 2.37 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

2.11 Bangunan Pelengkap Jalan

Drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat manusia. Dalam bahasa Indonesia, drainase bisa merujuk pada parit di permukaan tanah atau gorong – gorong dibawah tanah. Drainase berperan penting untuk mengatur suplai air demi pencegahan banjir. Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. (Dr. Ir. Suripin, M.Eng.2004).

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

2.11.1 Drainase Jalan

Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan air pada permukaan ke badan air atau ke bangunan resapan buatan sedangkan drainase jalan adalah prasarana yang dapat bersifat alami ataupun buatan yang berfungsi untuk menentukan dan menyalurkan air permukaan maupun bawah tanah , biasanya menggunakan bantuan gaya gravitasi yang terdiri atas saluran samping dan gorong – gorong ke badan air penerima

atau tempat peresapan buatan seperti : sunur resapan air hujan atau kolam tampungan sementara.

2.11.2 Drainase Saluran Samping

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

1. Drainase permukaan

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

a. Saluran Samping

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

b. Saluran Penangkap

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

c. Gorong-gorong/ Box Culvert

Gorong – gorong adalah aluran melintang dan memotong badan jalan yang berada dibawah permukaan jalan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sisi jalan kesisijalan lainnya.

2. Drainase bawah

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

2.11.3 Kriteria Perancangan Saluran Samping dan Gorong – Gorong

Menurut perencanaan sistem drainase jalan 2006, hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan diuraikan dibawah 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 diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi pola aliran.
2. Inventarisasi data bangunan drainase (gorong-gorong, jembatan, dll.)
Eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan dan kondisi data ini digunakan agar perancangan sistem drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.
3. Segmen panjang segmen saluran (L)
Penentuan panjang segmen saluran (L) didasarkan pada:
 - a. Kemiringan jalan disarankan saluran mendekati kemiringan jalan.
 - b. Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai dan waduk
 - c. Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis
4. Luas Daerah Layanan (A)
Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.
 - a. Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan.
 - b. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A_1), luas bahu jalan (A_2) dan luas daerah disekitar (A_3).
 - c. Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (l_1) lebar bahu

jalan(12) dan daerah sekitar (13) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu ± 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.

- d. Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncakbukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menenampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar(A3).

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 didaerah 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. Secaravisual akan nampak pada daerah yang menunjukkan alur-alur pada permukaan.

6. Faktor Limpasan (fk)

Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien runoff biasa dengan tujuan agar kinerja saturan tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengatiran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada tabel2.23.

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

$$C = \frac{C1.A1+C2.A2+C3.A3}{A1+A2+A3} \dots\dots\dots(2.38)$$

Keterangan :

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

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

f_k = faktor limpasan sesuai guna lahan

8. Faktor Limpasan (f_k)

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

$$T_c = t_1 + t_2 \text{ atau } T_c = t_o + t_d \dots\dots\dots (2.39)$$

$$t_1 = (2/3 \times 3,28 \times l_o \times \frac{nd}{v_{is}})^{0,167} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 v} \dots\dots\dots (2.41)$$

Dimana:

T_c = waktu konsentrasi (menit)

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

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

l_o = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = panjang saluran (m)

N_d = koefisien hambatan

I_s = kemiringan saluran memanjang

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

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

9. Analisa Hidrologi

a. Data curah hujan

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

b. Periode ulang

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

c. Analisis frekuensi

Analisis frekuensi adalah suatu analisis data hidrologi dengan menggunakan statistika yang bertujuan memprediksi suatu besaran hujan atau debit dengan masa ulang tertentu. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kata ulang (*return period*) diartikan sebagai waktu dimana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. (SriHarto, 1993). Dalam menghitung analisa frekuensi hujan ini menggunakan 2 metode antara lain :

a. Metode Gumbel

1. Nilai Rata-rata (*mean*) Metode Gumbel

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

2. Standar Deviasi Metode Gumel

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

3. Curah Hujan Rancangan

$$x_T = \bar{x} + \frac{y_t - y_n}{\sigma n} Sd$$

Keterangan :

\bar{x} = Nilai rata-rata aritmatik hujan komulatif (mm)

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 / data n

n = Jumlah data

b. Metode Log Pearson

1. Nilai Rata-rata (mean) Metode Log Pearson

$$\bar{x} = \frac{\sum \log x}{n}$$

2. Standar Deviasi Log Pearson

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (\log x_i - \overline{\log x})^2}{n-1}}$$

3. Koefisien Kemencengan Metode Log Pearson

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^2$$

4. Curah Hujan Rancangan

$$\log x = \overline{\log X} + (G \times Sd)$$

$$X = \text{ArcLog} . (\text{Log } X)$$

Keterangan :

\bar{x} = Nilai rata-rata aritmatik hujan komulatif (mm)

Log X = Logaritma dari variable dengan jangka waktu ulang N tahun

G	= Faktor kurva asimetris
Sd	= Standar Deviasi
Cs	= Koefisien kemencengan
X	= Curah hujan rancangan
n	= Jumlah data

d. Intensitas Curah Hujan

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

e. Debit aliran air

Untuk menghitung debit aliran air (Q) menggunakan Rumus:

$$Q = 0,27 C.I.A \dots\dots\dots(2.42)$$

Keterangan :

Q = debit aliran air (m³/detik)

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

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

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

2.11.4 Desain saluran samping dan gorong-gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa jenis :

1. Saluran bentuk trapesium (saluran samping) :

$$A_d = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots(2.43)$$

$$V = K_{st} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots(2.44)$$

$$Q = V.A \dots\dots\dots(2.45)$$

a. Penampang ekonomis:

$$b = 2.h \dots\dots\dots(2.46)$$

$$A_d = b . h$$

$$= 2h .h = 2h^2 \dots\dots\dots(2.47)$$

b. Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0,5 \frac{1}{2} y} \dots\dots\dots (2.48)$$

Keterangan :

A = Luas penampang melintang (m^2)

b = lebar saluran (m)

p = keliling basah (m)

T = lebar puncak (m)

Y = kedalaman saluran yang tergenang air (m)

D = kedalaman hidrolis (m)

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

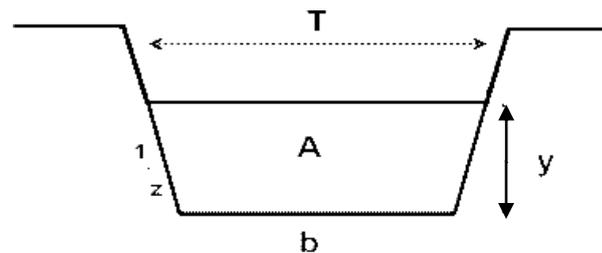
I = kemiringan dasar saluran

Q = debit aliran air (m^3 /detik)

Z = perbandingan kemiringan talud

W = tinggi jagaan (m)

h = tinggi muka air (m)



Gambar 2.38 Saluran dengan Bentuk Trapesium

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

Tabel 2.15 Perhitungan Tulangan Box Culvert

Tipe Single	V Box per m [m ³]	V Sayap Total [m ³]	Volume Beton untuk Lebar Perkerasan Jalan [m ³]				Berat Besi Tulangan untuk Box per m [kg]				Berat Besi Tulangan pada Sayap [kg]			Berat Besi Tulangan Total untuk Lebar Perkerasan Jalan [kg]					
			3.5 m	4.5 m	6.0 m	7.0 m	φ10mm	φ12mm	φ16mm	φ19mm	φ10mm	φ12mm	φ16mm	3.5 m	4.5 m	6.0 m	7.0 m		
100	100	16	0.794	3.255	8.10	8.89	10.08	10.87	73	0	40	0	649	0	0	1340	1453	1623	1737
100	150	17	1.023	4.852	10.89	11.92	13.45	14.48	84	0	53	0	694	0	0	1534	1672	1878	2016
100	200	18	1.274	6.385	14.16	15.43	17.35	18.62	98	0	68	0	0	0	626	1638	1804	2053	2219
200	100	22	1.610	4.583	14.41	16.02	18.43	20.04	92	0	0	80	679	0	0	1728	1900	2158	2330
200	150	23	1.927	6.084	17.84	19.77	22.66	24.59	119	0	0	93	558	0	0	1852	2064	2382	2594
200	200	25	2.375	8.025	22.51	24.89	28.45	30.83	133	0	0	109	558	0	664	2699	2941	3305	3547
200	250	26	2.746	10.218	26.97	29.71	33.83	36.58	144	0	0	125	550	14	878	3079	3347	3749	4017
200	300	28	3.270	12.888	32.84	36.11	41.01	44.28	158	0	0	156	550	14	1972	4449	4763	5233	5547
300	150	28	2.990	7.362	25.60	28.59	33.08	36.07	145	0	0	140	758	14	0	2511	2797	3224	3510
300	200	30	3.540	9.384	30.98	34.52	39.83	43.37	156	0	0	153	661	14	272	2834	3143	3607	3916
300	250	30	3.840	11.544	34.97	38.81	44.57	48.41	166	0	120	0	560	0	790	3090	3376	3804	4089
300	300	30	4.140	14.004	39.26	43.40	49.61	53.75	81	136	131	0	550	14	2528	5213	5561	6082	6430

(Sumber : SNI Box Culvert Tunggal)

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

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

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

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

Tinggi Jagaan : $W = \sqrt{0.5xh}$

Dimana :

A = luas penampang melintang (m²)

L = lebar saluran (m)

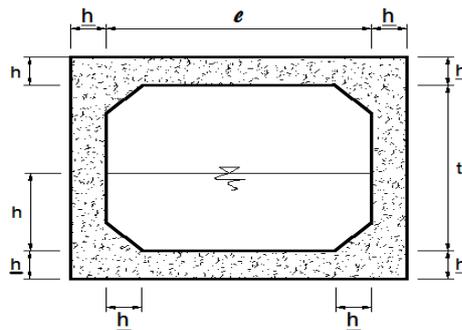
V = kecepatan rata – rata aliran (m/dt)

W = tinggi jagaan

H = tinggi muka air(m)

H = tebal penampang saluran (cm)

I = Intensitas curah hujan



Gambar 2.39 Sketsa dengan Bentuk persegi

2.12 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu, serta keselamatan kerja. (Abrar Husen 2008:4). Adapun beberapa perhitungan yang dibutuhkan untuk manajemen proyek yaitu :

1. Daftar harga satuan bahan dan upah

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

2. Analisa satuan harga pekerjaan

Yang dimaksud dengan analisa satuan harga adalah perhitungan – perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam satu proyek.

3. 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.

4. Analisa satuan alat berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

b. 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.

c. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

5. Perhitungan volume pekerjaan

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

6. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)

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.

7. 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.

8. Rencana Kerja

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perancangan yang tepat untuk menyelesaikan tiap – tiap pekerjaan yang ada.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah sebagai berikut:

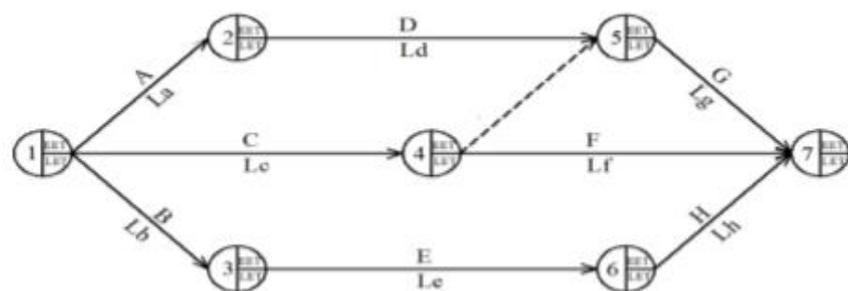
- a. Urutan pekerjaan yang logis.
- b. Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang slack/kelonggaran waktu.
- c. Biaya untuk mempercepat pekerjaan
- d. Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berdada di jalur kritis ingin 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 :

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

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



Gambar 2.40 Sketsa Network planning

Beberapa Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran

Net Work Planning (NWP) :

- a.  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan
- b.  (*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
- c.  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*). waktu.
- d.  (*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.

9. Barchart

Dalam dunia konstruksi, teknik penjadwalan yang paling sering digunakan adalah Barchart dan Doagram Batang atau Bagan Balok. Barchart berupa diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu dapat menunjukkan lamanya penggunaan suatu alat dan bahan yang diperlukan sehingga tidak saling manggu pelaksanaan.

Berikut adalah contoh daro *Barchat* :

Tabel Barchat

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

Gambar 2.41 Contoh Barchart

10. Kurva S

Setelah Bar Chart didapatkan, kegiatan selanjutnya yang dapat dilakukan adalah pembuatan Kurva S. Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan.

Dengan Kurva S kita dapat mengetahui progress pada setiap waktu. Progres tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan. Untuk setiap bar chart yang dilengkapi dengan progress dapat dibuat Kurva "S". Bentuk dari Kurva "S" biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada tahap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek. Kurva S diperlukan untuk menggambarkan progress pada moment tertentu. Rencana progress yang dibuat dalam Kurva S merupakan referensi/kesepakatan dari semua pihak atas progress yang perlu dihasilkan oleh kontraktor pada setiap moment waktu tertentu.

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

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