

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah – rumah (Sukirman,1999),dan Menurut *Hamirhan* (2004), perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survei lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku.

Tujuan dari perencanaan geometrik ini adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan (Sukirman,1999).

2.2 Klasifikasi Jalan

Menurut *Shirley* (2000), klasifikasi jalan di Indonesia menurut Bina Marga dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK No.038/T/BM/1997).

Tabel 2.1 Ketentuan Klasifikasi : Fungsi, Kelas beban, Medan

Fungsi Jalan	ARTERI			KOLEKTOR			LOKAL		
KELAS JALAN	I	II	III A	III B		III C			
Muatan Sumbu Terberat, (ton)	>10	10	8			Tidak ditentukan			
TIPE MEDIAN	D	B	G	D	B	G	D	B	G
Kemiringan Medan (%)	< 3	3-25	> 25	< 3	3-25	> 25	< 3	3-25	> 25

Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan (administrasi) sesuai PP. No.26/1985 : Jalan Nasional, Jalan Propinsi, Jalan Kabupaten/ Kotamadya, Jalan Desa dan Jalan Khusus

Keterangan : Datar (D), Perbukitan (B), dan Pegunungan (G)

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

2.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan, terbagi atas :

1. Jalan Arteri adalah jalan yang melayani angkutan umum dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien
2. Jalan Kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul / pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi
3. Jalan Lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Penentuan Klasifikasi kelas jalan menurut fungsi jalan juga dapat diperoleh berdasarkan LHR. ketentuan-ketentuannya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Kelas Jalan dalam LHR

No.	Fungsi	Kelas	Lalu lintas Harian Rata-Rata (smp)
1.	Jalan Arteri	I	>20.000
2.	Jalan Kolektor	II A	6.000-20.000
		II B	15.000-8.000
		II C	<2.000
3.	Jalan Lokal	III	-

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

2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

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

2.2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagai besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel 2.1.

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

2.2.4 Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Jaringan jalan dikelompokkan menurut wewenang pembinaan, terdiri dari :

1. Jalan Nasional

Jalan arteri/kolektor primer , yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Nasional, yakni jalan yang tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi, tetapi mempunyai peranan menjamin dan kebutuhan nasional, melayani daerah-daerah yang rawan dan lain-lain. Jalan Nasional juga bisa disebut jalan penghubung antar ibukota Propinsi.

2. Jalan Propinsi

Jalan kolektor primer, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Propinsi, yakni jalan yang biarpun tidak dominan terhadap perkembangan ekonomi, tetapi mempunyai peranan tertentu dalam menjamin terselenggaranya pemerintah yang baik dalam Pemerintahan Daerah Tingkat I dan terpenuhinya kebutuhan-kebutuhan sosial lainnya.

Jalan Propinsi juga bisa disebut jalan penghubung antar ibukota Kabupaten/Kotamadya.

3. Jalan Kabupaten

Jalan kolektor/Lokal primer dan jalan sekunder, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Kabupaten, yakni jalan yang walaupun tidak dominan terhadap pengembangan ekonomi, tetapi mempunyai peranan tertentu dalam menjamin terselenggaranya pemerintah dalam Pemerintah Daerah.

4. Jalan Kotamadya

Jaringan jalan sekunder di dalam Kotamadya

5. Jalan Desa

Jaringan jalan sekunder di dalam desa, yang merupakan hasil swadaya masyarakat, baik yang ada di desa maupun di kelurahan.

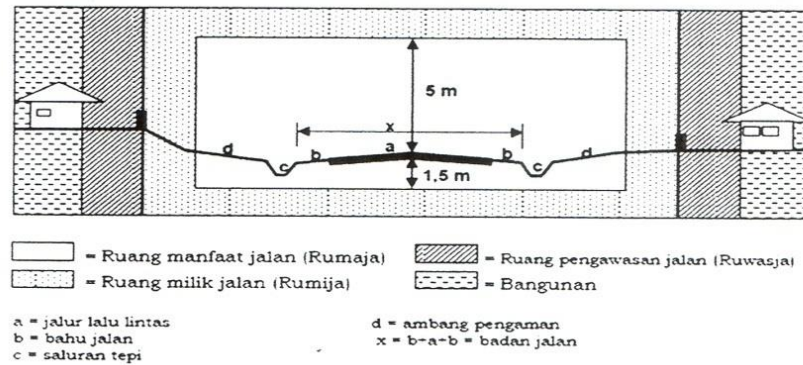
6. Jalan Khusus

Jalan yang dibangun dan dipelihara oleh instansi/Badan Hukum/Pererorangan untuk melayani kepentingan masing-masing.

2.3 Bagian Bagian Jalan

a. Daerah Manfaat Jalan

Berdasarkan UU.13/1980 tentang jalan dan PP 26/85 tentang jalan menyebutkan bahwa Damaja adalah suatu ruang sepanjang jalan, yang dibatasi oleh lebar, tinggi dan kedalaman ruang bebas tertentu, yang dimanfaatkan untuk konstruksi jalan, terdiri dari badan jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengamannya. gambar penampang daerah manfaat jala dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Daerah Manfaat Jalan

1. Ruang manfaat jalan (Rumaja) merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi dan kedalaman tertentu yang ditetapkan oleh penyelenggara jalan Rumaja meliputi badan jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengaman jalan.
 - Badan jalan untuk pelayanan lalu-lintas
 - Saluran tepi jalan untuk menampung dan menyalurkan air agar badan jalan terbebas dari pengaruh air
 - Ambang pengaman jalan adalah bidang tanah atau bangunan pengaman jalan antara tepi badan jalan dan batas ruang manfaat jalan.
2. Ruang milik jalan (Rumija) merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, kedalaman dan tinggi tertentu. Rumija terdiri dari ruang manfaat jalan dan sejalur tanah diluar ruang manfaat jalan. Sejalur tanah tersebut diperuntukan untuk pelebaran jalan dan penambahan lajur lalu lintas serta kebutuhan ruang untuk pengaman jalan. Ruang milik jalan paling sedikit memiliki lebar sebagai berikut :
 - Jalan bebas hambatan 30 m - Jalan raya 20 m
 - Jalan sedang 15
 - Jalan kecil 11 m
3. Ruang pengawasan jalan (Ruwasja) merupakan ruang diluar rumija yang penggunaannya dibawah pengawasan penyelenggara jalan. Ruwasja diperuntukan bagi pemandangan bebas pengemudi dan

pengamanan konstruksi jalan dan pengamanan fungsi jalan.

b. Penampang Melintang

Penampang melintang jalan terdiri atas bagian-bagian berikut:

1. Jalur Lalulintas
2. Median dan jalur tepian (jika ada)
3. Bahu
4. Jalur pejalan kaki
5. Selokan
6. Lereng

c. Jalur Lalu lintas

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

- a) Median
- b) Bahu
- c) Trotoar
- d) Pulau jalan, dan
- e) Separator.

2. Jalur lalu lintas dapat terdiri dari beberapa jalur :

- a) Jalur lalu lintas dapat terdiri dari beberapa tipe 1 jalur-2 lajur-2 arah (2/2 TB)
- b) 1 lajur-2 lajur-1 arah (2/1 TB)
- c) 2 lajur-4 lajur-2 arah (4/2 B)
- d) 2 lajur-n lajur-2 arah (n/2 B), dimana n = jumlah lajur. Keterangan:
TB = tidal(terbagi B = terbagi

3. Lebar lajur

Lebar lajur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya. Lebar lajur minimum adalah 4,5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan.

Tabel 2.3 Perencanaan lebar lajur dan bahu ialan

VLHR (smp/hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)
<3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000-10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001-25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	**)	**)	-	-	-	-
>25.000	2n×3,5 ¹⁾	2,5	2×7,0 ¹⁾	2,0	2n×3,5 ¹⁾	2,0	**)	**)	-	-	-	-

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

d. 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, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam tabel 2.5.

Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, dimana untuk satu ruas jalan dinyatakan oleh nilai rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0.80.

Tabel 2.4 Lebar lajur ideal

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

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

e. Bahu Jalan

Bahu jalan adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur

lalu lintas yang berfungsi sebagai:

1. Ruang untuk tempat berhenti sementara kendaraan yang mogok atau yang sekedar berhenti karena mengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh, atau untuk beristirahat.
2. Ruang untuk menghindarkan diri dari saat-saat darurat, sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan.
3. Memberikan kelelahan pada pengemudi, dengan demikian dapat meningkatkan kapasitas jalan yang bersangkutan.
4. Ruang pembantu pada waktu mengadakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan (untuk tempat penempatan alat-alat dan penimbunan bahan material)
5. Memberikan sokongan pada konstruksi perkerasan jalan dan arah samping.
6. Ruang untuk lintasan kendaraan-kendaraan patroli, ambulans, yang sangat dibutuhkan pada keadaan darurat seperti terjadinya kecelakaan.

f. Median

Median jalan adalah suatu pemisah fisik jalur lalu lintas yang berfungsi untuk menghilangkan konflik lalu lintas dari arah yang berlawanan, sehingga pada gilirannya aim meningkatkan keselamatan lalu lintas.

Fungsi median adalah untuk :

1. Menyediakan daerah netral yang cukup lebar dimana pengemudi masih dapat mengontrol kendaraannya pada saat-saat darurat.
2. Menyediakan jarak yang cukup untuk membatasi / mengurangi kesilauan terhadap lampu besar dari kendaraan yang berlawanan arah.
3. Menambah rasa kelelahan, kenyamanan dan keindahan bagi setiap pengemudi.
4. mengamankan kebebasan samping dari masing-masing arah arus lalu-lintas.

2.4 Kriteria Perencanaan

2.4.1 Kendaraan rencana

Beberapa parameter perencanaan geometrik dari unsur karakteristik kendaraan menurut *Shirley* (2000) antara lain :

1. Dimensi Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik.

Kendaraan Rencana dikelompokkan dalam 3 (tiga) kategori, yaitu :

- a. Kendaraan ringan/kecil (LV), adalah kendaraan yang mempunyai 2 (dua) as dengan empat roda dengan jarak as 2.00 – 3.00 meter, meliputi : mobil penumpang, mikrobus, pick – up, dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga.
- b. Kendaraan sedang (MHV), adalah kendaraan yang mempunyai dua as gandar, dengan jarak as 3.5 – 5.00 meter, meliputi : bus kecil, truk dua as dengan enam roda,
- c. Kendaraan berat/besar, terdiri dari :
 - 1) Bus Besar (LB) yaitu Bus dengan dua atau tiga gandar, dengan jarak 5,00 – 6,00 meter.
 - 2) Truk Besar (LT) yaitu Truk dengan tiga gandar dan truk kombinasi tiga, dengan jarak gandar (gandar pertama ke gandar kedua) < 3,50 meter.
- d. Sepeda Motor (MC), yaitu Kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda, meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda tiga.

Berdasarkan TPGJAK 1997 dari bentuk, ukuran, dan daya dan kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan kendaraan-kendaraan tersebut dikelompokkan menjadi dalam 3 kategori:

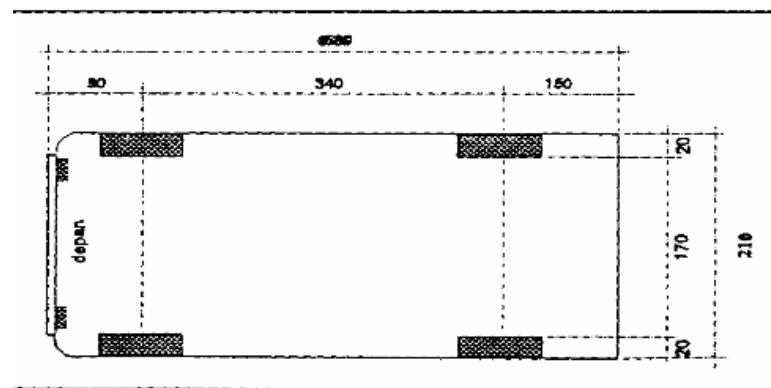
1. Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang;
2. Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as;
3. Kendaraan Besar, diwakili oleh truk-semi-trailer.

Tabel 2.5 Dimensi Kendaraan Rencana

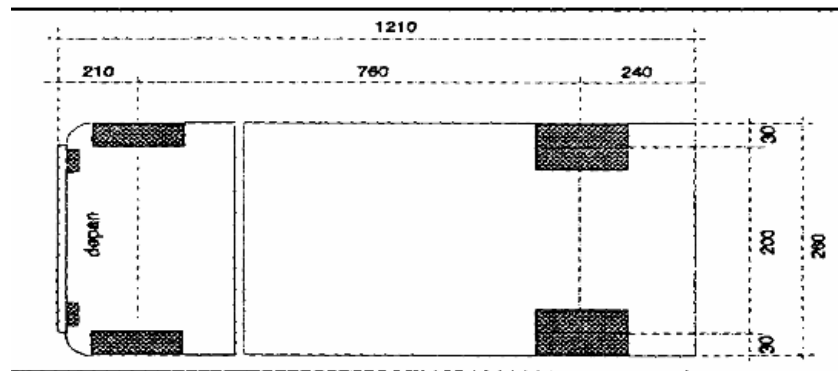
Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	240	1280	1210
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	90	90	1400	1370

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

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori Kendaraan Rencana ditunjukkan dalam Tabel 2.5. dan pada Gambar 2.3 s.d. Gambar 2.5 menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana tersebut.

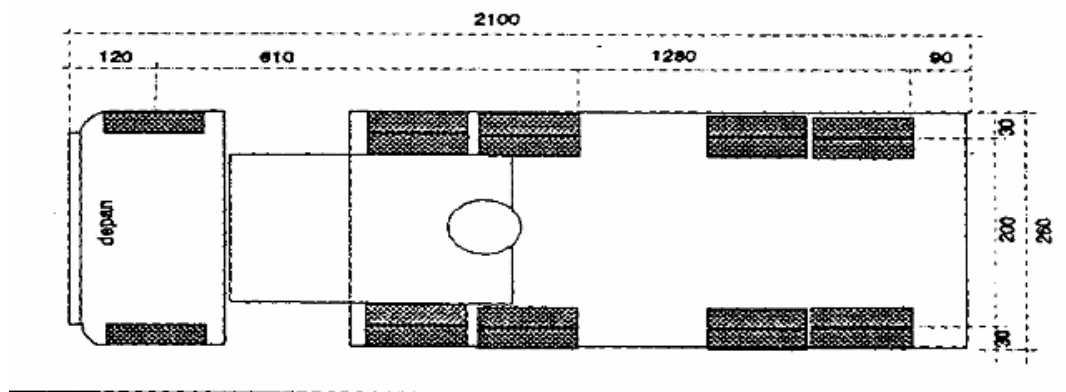
**Gambar 2.2** Dimensi Kendaraan Kecil.

(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 Besar.

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

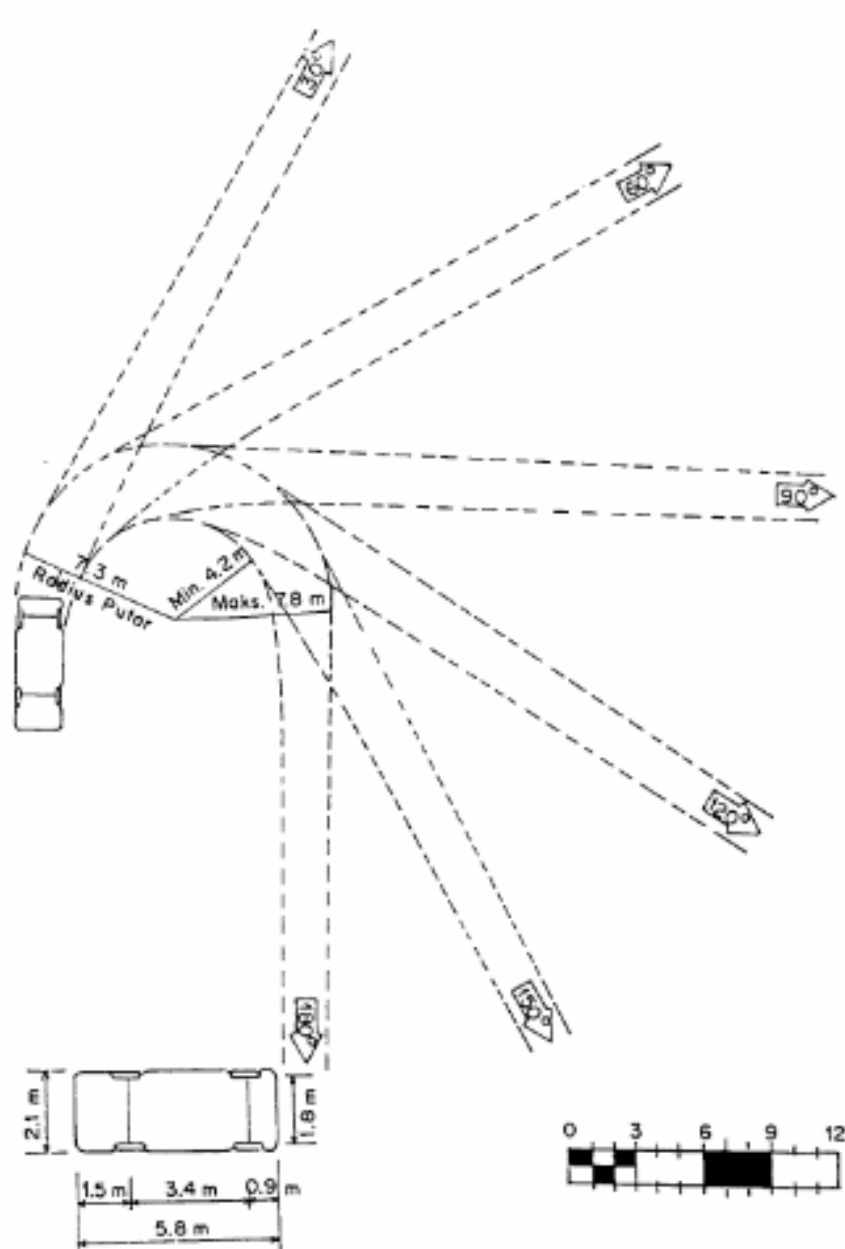
2. Jarak Putaran (*Manuver*) Kendaraan

Setiap kendaraan mempunyai jangkauan putaran, pada saat kendaraan yang bersangkutan menikung atau memutar pada suatu tikungan jalan. Besar jangkauan putar masing-masing kendaraan berbeda satu sama lain, tergantung pada dimensi kendaraan dan radius putar kemudi.

Dibedakan pula seperti dimensi kendaraan diatas, jari-jari *maneuver* untuk kendaraan kecil, sedang dan besar. Ini penting untuk dikaji, dalam hal merencanakan geometrik dari *intrersection* (persimpangan), round-about, apapun pada saat penentuan radius

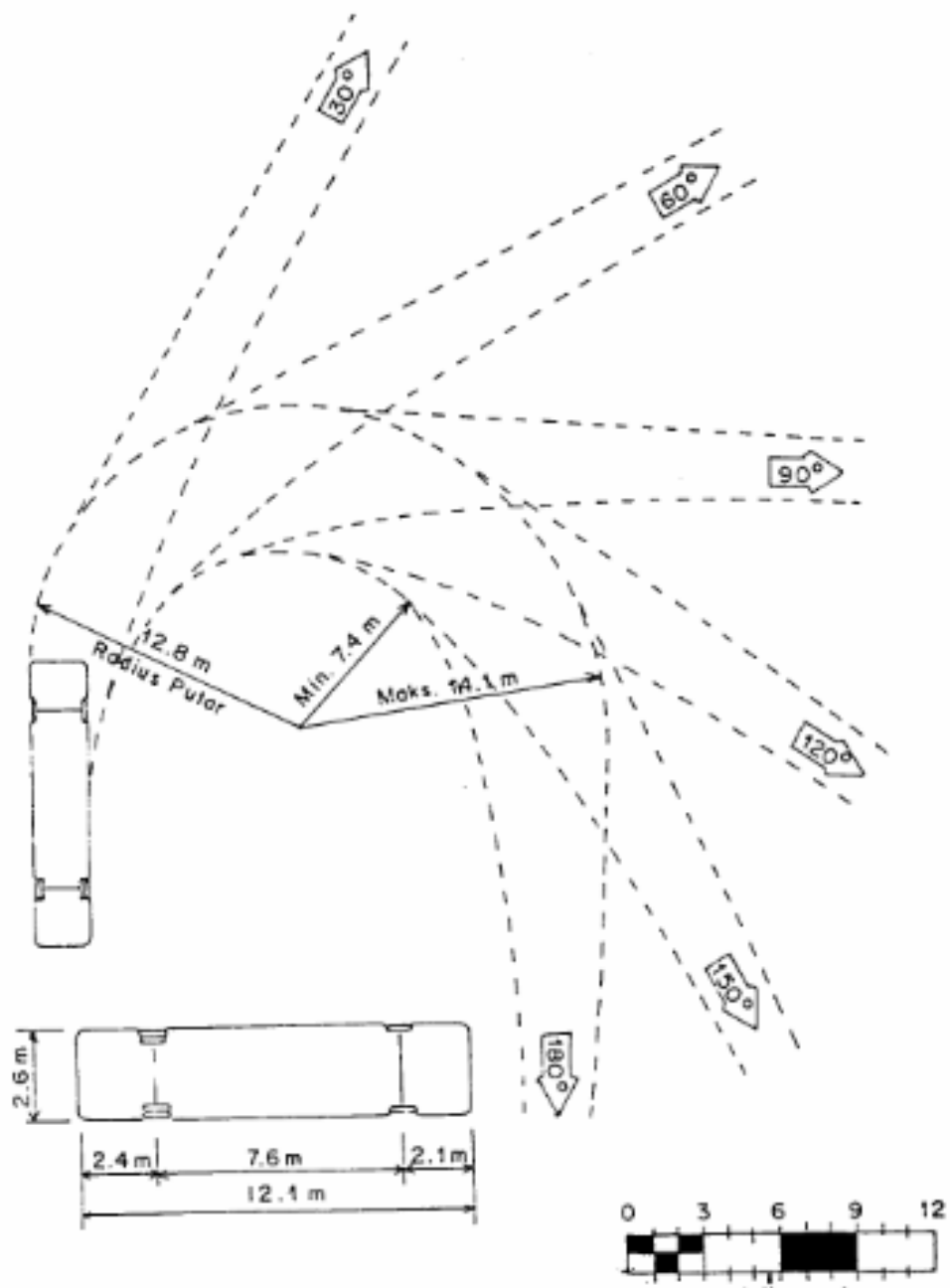
minimum dari suatu tikungan.

Radius putar dengan batas maksimal dan minimum jarak putar dari berbagai sudut untuk setiap ukuran kendaraan dapat dilihat pada Gambar 2.5 sampai dengan 2.7.



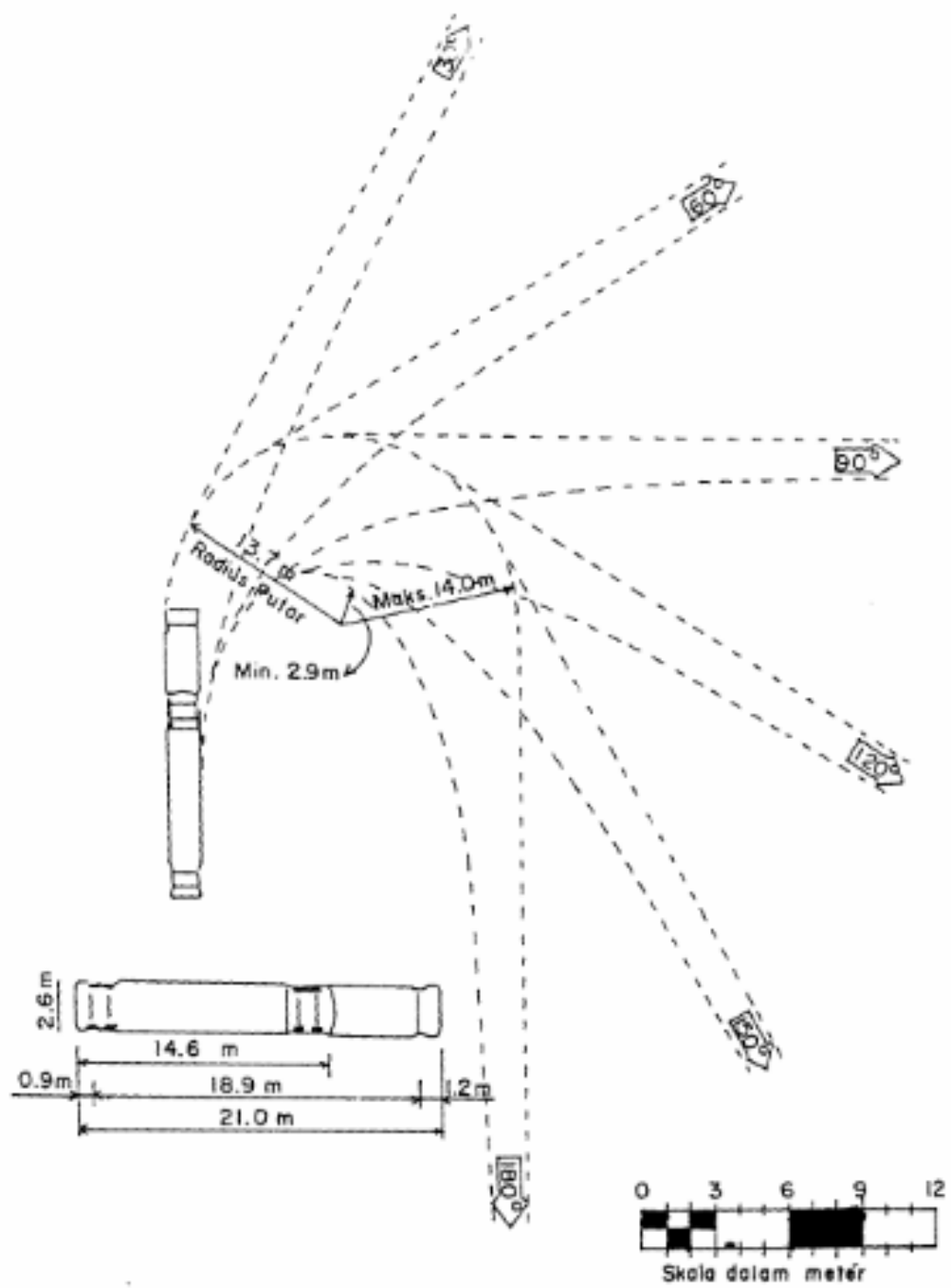
Gambar 2.5 jari-jari Manuver Kendaraan Kecil.

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



Gambar 2.6 Jari-jari manuver Kendaraan Sedang.

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



Gambar. 2.7 Jari-jari Manuver Kendaraan Besar.

2.4.2 Kecepatan rencana

Kecepatan rencana (V_R) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Untuk kondisi medan yang sulit, kecepatan rencana suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam. Kecepatan rencana untuk masing-masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana (V_R) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_R) Km/jam		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 — 100	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)

2.4.3 Satuan mobil penumpang (smp)

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, di mana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu smp. smp untuk jenis jenis kendaraan dan kondisi medan lainnya dapat dilihat dalam Tabel 2.8. Detail nilai smp dapat dilihat pada buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) No.036/TBM/1997.

2.4.4 Ekivalensi mobil penumpang (emp)

Ekivalensi mobil penumpang yaitu faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas. Untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya, nilai emp adalah 1,0.

Sedangkan nilai emp untuk masing-masing kendaraan untuk jalan luar kota adalah sebagai berikut:

Tabel 2.7 Ekivalensi Kendaraan Penumpang (emp) untuk Jalan 2/2 UD

Tipe Alinyemen	Arus total (kend/jam)	emp					
		MHV	LB	LT	MC		
					<6 m	6-8 m	>8 m
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	>1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	>1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	>1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia,1997)

Keterangan :

Kendaraan Ringan (LV) : Kendaraan bermotor beroda empat, dengan dua gandar berjarak 2,0 - 3,0m (termasuk kendaraan penumpang, oplet, mikro bis, pickup, dan truk kecil, sesuai sistem klasifikasi bina marga)

Kendaraan Menengah

Berat (MHV) : Kendaraan bermotor dengan dua gandar,

Truk Besar (LT) : Dengan jarak 3,5 - 5,0 m (termasuk bis kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi bina marga)

Bis Besar (LB) : Truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar (gandar pertama dan kedua) < 3,5 m (sesuai sistem klasifikasi bina marga)

Sepeda Motor (MC) : Bis dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 - 6,0 m Sepeda motor dengan

dua atau tiga roda (meiputi sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi bina marga)

2.4.5 Volume lalu lintas

Volume Lalu Lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satuan waktu (hari,jam,menit). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dan Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) yang didapatkan kita dapat mengklasifikasi jalan tersebut seperti terlihat pada tabel 2.8 dibawah ini:

Tabel 2.8 Klasifikasi Kelas Jalan

No	Klasifikasi Jalan	Kelas	Lalu Lintas Harian (smp)
1.	Jalan utama	I	> 20.000
2.	Jalan sekunder	II A	6.000 — 20.000
		II B	1.500 — 8.000
		II C	< 20.000
3.	Jalan penghubung	III	-

(Sumber• Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

2.4.6 Data penyelidikan tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah. Penyelidikan tanah meliputi pekerjaan-pekerjaan:

- a. Mengadakan penelitian terhadap semua data tanah yang ada, selanjutnya diadakan penyelidikan disepanjang proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium.
- b. Pengambilan data CBR dilapangan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 200 meter dengan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan
- c. hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah

untuk menilai besarnya CBR atau kekuatan daya dukung tanah lapisan tanah dasar.

- d. Cara pemeriksaan dengan alat DCP ini dilaksanakan dengan mencatat jumlah pukulan (*blow*) dan penetrasi dari kerucut log= yang tertanam pada tanah dasar karena pengaruh jatuhnya pemberat. Pemeriksaan akan memberikan catatan yang menerus dari kekuatan daya dukung tanah sampai kedalaman 90 cm dibawah permukaan tanah dasar (*Subgrade*) yang ada. Kemudian dengan menggunakan tabel korelasi, pembacaan penetrometer diubah menjadi pembacaan yang setara dengan CBR.

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu cara analitis dan cara grafis.

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$CBR_{Segmen} = (CBR_{Rata} - CBR_{Min}) / R \dots\dots\dots (2.1)$$

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

Tabel 2.9 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 Suryadharma, 1999)

b. Cara Grafis

Nilai CBR_{segmen} dengan menggunakan metode grafis merupakan nilai persentil ke 90 dari data CBR yang ada dalam satu segmen. $CBR_{seg,,,}$

adalah nilai CBR dimana 90% dari data yang ada dalam segmen memiliki nilai CBR lebih besar dan nilai CBR_{segmen} .

Langkah-langkah menentukan CBR_{segmen} , menggunakan metode grafis:

1. Tentukan nilai CBR terkecil.
2. Susunlah nilai CBR dari yang terkecil ke yang terbesar, dan tentukan jumlah data dengan nilai CBR yang sama atau lebih besar dan setiap nilai CBR. Pekerjaan ini disusun secara tabelaris.
3. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100 %.
4. Gambarkan hubungan antara nilai CBR dan persentase dan butir 3.
5. Nilai CBR_{segmen} , adalah nilai pada angka 90% sama atau lebih besar dari nilai CBR yang tertera.

2.4.7 Jarak pandang

Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Dibedakan dua Jarak Pandang, yaitu Jarak Pandang Henti (Jh) dan Jarak Pandang Mendahului (Jd).

a. Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi ketentuan jarak pandang henti.

Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dan permukaan jalan. Jarak pandang henti terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:

- 1) jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus

berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem; dan
 2) jarak pengereman (Jh) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak pandang henti dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

$$J_h = J_{ht} + J_{hr} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$J_h = \frac{V_R}{3.6} T + \frac{\left(\frac{V_R}{3.6}\right)^2}{2g.Fp} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dari persamaan 2.3 dapat disederhanakan menjadi:

1) Untuk jalan datar

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times fp} \dots\dots\dots (2.4)$$

2) Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

$$J_h = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times fp \pm L} \dots\dots\dots (2.5)$$

di mana :

V_r = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

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

f = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal,
 ditetapkan 0,35-0,55

L = landai jalan dalam (%) dibagi 100

Syarat-syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada tabel 2.11

Tabel 2.10 Jarak Pandang Henti (Jh) minimum.

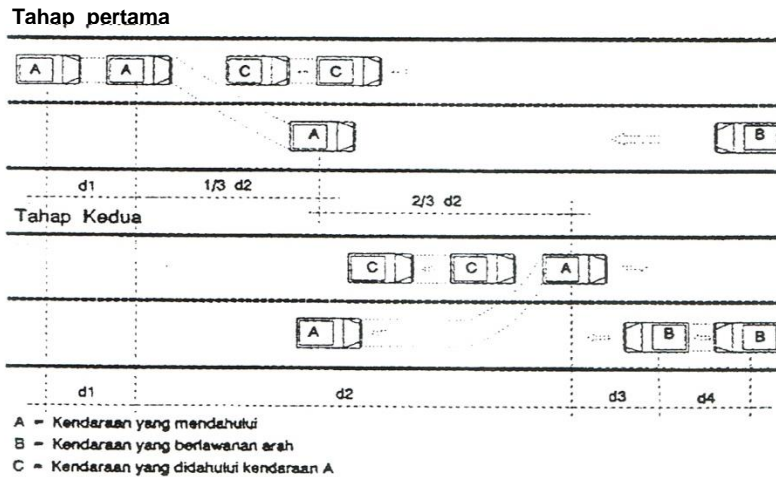
V _r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh Minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

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

b. Jarak Pandang Mendahului

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula (lihat Gambar 2.8).

Jarak pandang diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.



Gambar 2.8 jarak pandang mendahului

Rumus yang digunakan:

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4 \dots \dots \dots (2.6)$$

dimana :

d1 = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m),

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

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

d4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan $2/3 d2$ (m).

Syarat-syarat untuk menentukan jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada tabel 2.12.

Tabel 2.11 Jarak Pandang Mendahului (Jd)

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

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

Daerah mendahului harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.

2.5 Alinyemen horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama "situasi jalan" atau "trase jalan". Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus (biasa disebut "tangen"), yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkung peralihan saja ataupun busur lingkaran saja.

Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan tipe dan kelas jalan. Umumnya tikungan terdiri dari tiga jenis tikungan, yaitu:

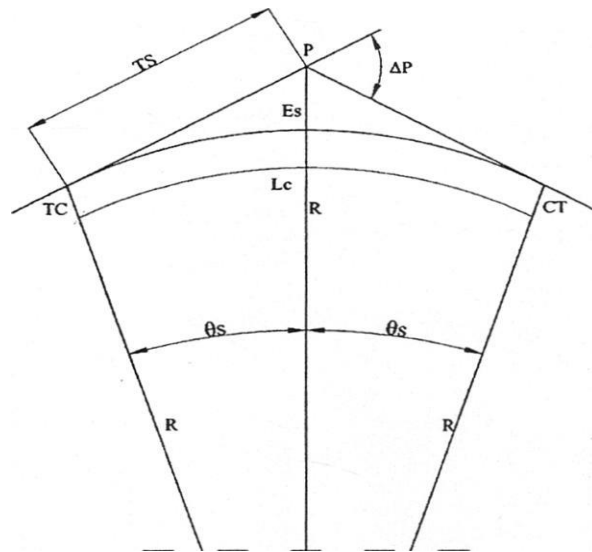
a. Tikungan *Full Circle* (FC)

Full Circle adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *Full Circle* hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Jari-jari tikungan untuk tikungan jenis *Full Circle* ditunjukkan pada tabel 2.13. dan komponen-komponennya dapat dilihat pada gambar 2.9.

Tabel 2.12 Jari-jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

Vr (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R min (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	660

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



Gambar 2.9 Tikungan *Full Circle*

Rumus yang digunakan pada tikungan *Full Circle* yaitu:

$$T_c = R \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.7)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.8)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

Δ = Sudut tangen (°).

T_c = Panjang tangen jarak dari TC ke P1 ke CT (m).

R_c = Jari-jari lingkaran (m).

E_c = Panjang luar P1 ke busur lingkaran (m).

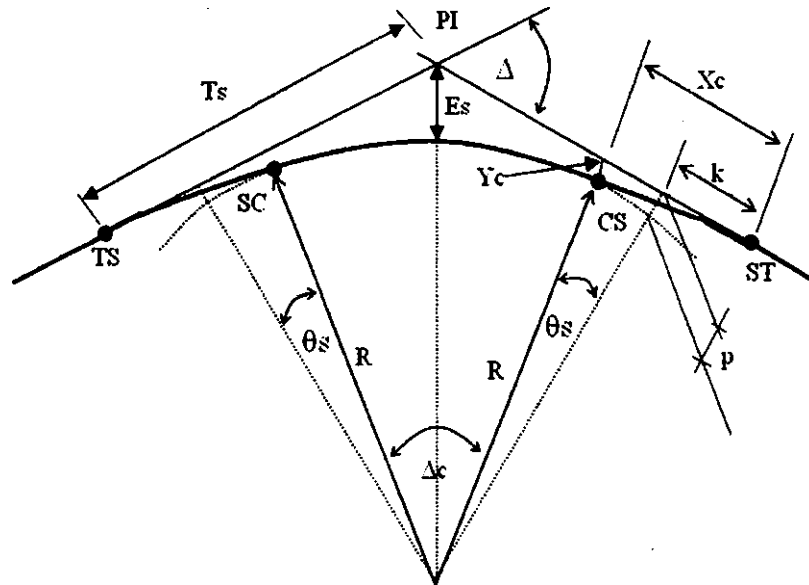
L_c = Panjang busur lingkaran (m).

b. Tikungan *Spiral-circle-spiral (SCS)*

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

Lengkung *spiral* merupakan peralihan dan suatu bagian lures ke bagian lingkaran (*Circle*) yang panjangnya diperhitungkan dengan mempertimbangkan bahwa perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai

mencapai bagian lengkung. Jari-jari yang diambil untuk tikungan *Spiral-circle-spiral* haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan. komponen tikungan SCS dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Sketsa Tikungan *Spiral — Circle — Spiral (SCS)*

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

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

Ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan ini adalah sebagai berikut:

$$T_s = (R+P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots (2.10)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta - R} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} 2\pi R \dots\dots\dots (2.12)$$

$$L = L_c + 2L_s \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

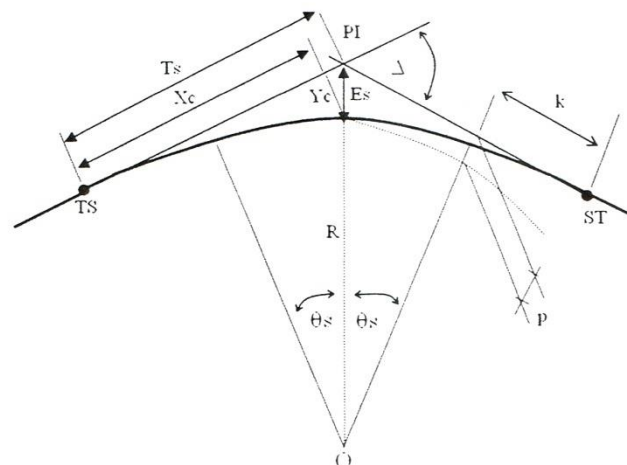
X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak titik TS ke SC (m).

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

- L_s = Panjang lengkung peralihan (m).
 L' = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS) (m).
 T_s = Panjang tangen (titik PI ke TS atau ke ST) (m).
 TS = Titik dari tangen ke spiral (m).
 SC = Titik dari spiral ke lingkaran (m).
 E_s = Jarak dari PI ke lingkaran (m).
 R = Jari-jari lingkaran (m).
 P = Pergeseran tangen terhadap spiral (m).
 K = Absis dari p pada garis tangen spiral (m).
 S = Sudut lengkung spiral ($^\circ$).

c. Tikungan *Spiral-spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS. komponen tikungan SS dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Skesta Tikungan *Spiral – Spiral* (SS)

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

$$L_s = \frac{\theta_s}{28,648} \times R \dots\dots\dots(2.14)$$

$$P = p^* \times L_s \dots\dots\dots(2.15)$$

$$K = k^* \times L_s \dots\dots\dots(2.16)$$

$$TS = (R+P) \times \text{tg } \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots(2.17)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\text{Cos } \frac{1}{2} \Delta} - 50 \dots\dots\dots(2.18)$$

$$L = 2 \times L_s \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

E_s = Jarak dan PI ke busur lingkaran.

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

T_S = Titik dari tangen ke spiral (m).

SC = Titik dari spiral ke lingkaran (m).

Re = Jari-jari lingkaran (m).

d. Superelevasi

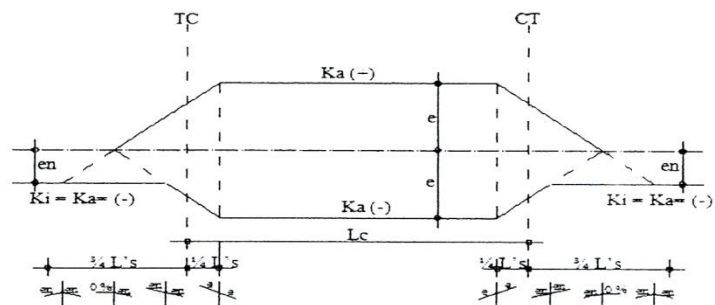
Superelevasi adalah kemiringan melintang permukaan pada lengkung horizontal. Superelevasi bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya sentrifugal. Semakin besar superelevasi, semakin besar komponen berat kendaraan yang diperoleh. Superelevasi maksimum yang dapat dipergunakan pada suatu jalan raya dibatasi oleh beberapa keadaan sebagai berikut:

1. Keadaan cuaca.
2. Jalan yang berada didaerah yang sering turun hujan.
3. Keadaan medan daerah datar nilai superelevasi lebih tinggi daripada daerah perbukitan.
4. Keadaan lingkungan, perkotaan atau luar kota. Superelevasi maksimum sebaiknya lebih kecil diperkotaan daripada luar kota.

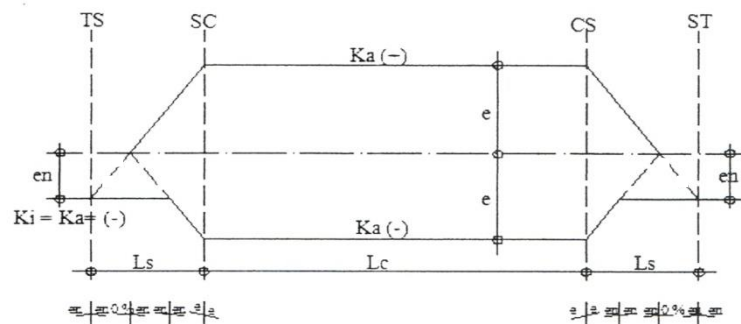
5. Komposisi jenis kendaraan dari arus lalu lintas.

Nilai-nilai e maksimum:

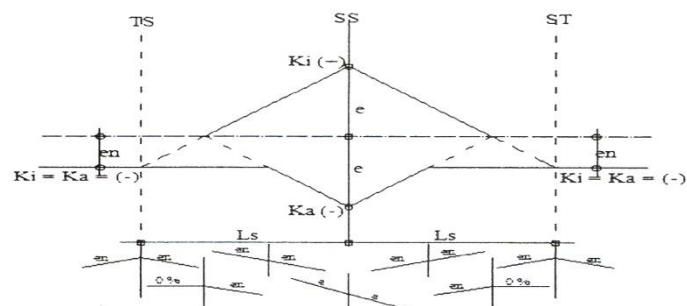
1. Untuk daerah licin atau berkabut, e maks= 8%.
2. Daerah perkotaan, e maks= 4-6 %
3. Dipersimpangan, e maks sebaiknya rendah, bahkan tanpa superelevasi
4. AASHTO menganjurkan, jalan luar kota untuk V rencana= 30 km/jam e maks= 8%, V rencana > 30 km/jam e maks= 10%
5. Bina narga menganjurkan, e maks untuk jalan perkotaan= 6%



Gambar 2.12. Diagram Superelevasi *Full Circle*



Gambar 2.13. Diagram Superelevasi *Spiral — Circle - Spiral*



Gambar 2.14. Diagram Superelevasi *Spiral — Spiral*

Gambar 2.12, 2.13, 2.14. menunjukkan diagram superelevasi untuk tikungan *Full Circle, Spiral — Circle — Spiral, Spiral — Spiral*.

e. Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan

Pelebaran pada tikungan dilakukan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus. Pelebaran jalan di tikungan mempertimbangkan:

- 1) Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajunya.
- 2) Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga proyeksi kendaraan tetap pada lajunya.
- 3) Pelebaran yang lebih kecil dari 0.6 meter dapat diabaikan.

Adapun rumus-rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran pada tikungan:

$$R_c = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} b' \dots\dots\dots (2.20)$$

$$B = \sqrt{(\sqrt{(Rc^2 - 64 + 1,25)^2 + 64} - (\sqrt{(Rc^2 - 64)} - 1,25)) \dots\dots\dots (2.21)$$

$$Z = \frac{0,105 \cdot V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$B_t = n (B + c) + Z \dots\dots\dots (2.23)$$

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 (0,8 m)

f. Kebebasan samping pada tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi. Pada tikungan ini tidak selalu harus dilengkapi dengan kebebasan samping (jarak pembebasan). Hal ini tergantung pada:

- a) Jari-jari tikungan (R).
- b) Kecepatan rencana (V_r) yang langsung berhubungan dengan jarak pandang (S).
- c) Keadaan medan lapangan.

Seandainya pada perhitungan diperlukan adanya kebebasan samping akan tetapi keadaan memungkinkan, maka diatasi dengan memberikan atau memasang rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang diizinkan. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

1. Berdasarkan jarak pandang henti

$$\theta = \frac{90^\circ \cdot J_h}{\pi \cdot R} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$E = R (1 - \cos \theta) \dots\dots\dots(2.25)$$

2. Berdasarkan jarak pandang menyiap

$$\theta = \frac{90^\circ \cdot L}{\pi \cdot R} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$E = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (J_d - L) \sin \theta \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana:

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

R = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

J_h = Jarak pandang henti (m).

J_d = Jarak pandang menyiap (m).

L = Panjang tikungan (m).

g. Penentuan *Stationing*

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (Sta jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. 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 maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut:

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

2.6 Alinyemen vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh (untuk itu digunakan sebagai kendaraan standar), biasanya juga disebut dengan profil/penampang memanjang jalan (Saodang Hamirhan, 2004).

Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain:

- a. Kondisi tanah dasar
- b. Keadaan medan
- c. Fungsi jalan
- d. Muka air banjir
- e. Muka air tanah
- f. Kelandaian yang masih memungkinkan

Selain hal tersebut di atas dalam perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga terdapat suatu kombinasi yang berupa lengkung cembung dan lengkung cekung serta akan ditemui pula kelandaian = 0, yang berarti datar.

Gambar rencana suatu profil memanjang jalan dibaca dari kiri ke kanan, sehingga landai jalan diberi tanda positif untuk pendakian dari kiri ke kanan, dan landai negatif untuk penurunan dari kiri ke kanan.

- a. Landai minimum

Untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air di atas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng jalan. Untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15%, yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan. Sedangkan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang

dianjurkan adalah 0,30 — 0,50 %. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan.

b. Landai maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk menjaga agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh dan mampu bergerak, dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum dapat dilihat pada table 2.14.

Tabel 2.13 Kelandaian Maksimum yang di Izinkan

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)

c. Panjang kritis suatu kelandaian

Landai maksimum saja tidak cukup merupakan faktor penentu dalam suatu perencanaan alinyemen vertikal, karena jarak yang pendek memberikan faktor pengaruh yang berbeda dibandingkan dengan jarak yang panjang pada kelandaian yang sama. Kelandaian yang besar akan mengakibatkan penurunan kecepatan pada kendaraan truk yang cukup berarti, jika kelandaian tersebut dibuat panjang pada jalan yang cukup panjang, tetapi sebaliknya akan kurang berarti jika panjang jalan dengan kelandaian tersebut hanya pendek saja. Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatan sedemikian rupa, sehingga penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (V_r). Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. Panjang

kritis suatu kelandaian dapat dilihat pada table 2.15.

Tabel 2.14 Panjang Kritis (m)

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

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

d. Lajur pendakian

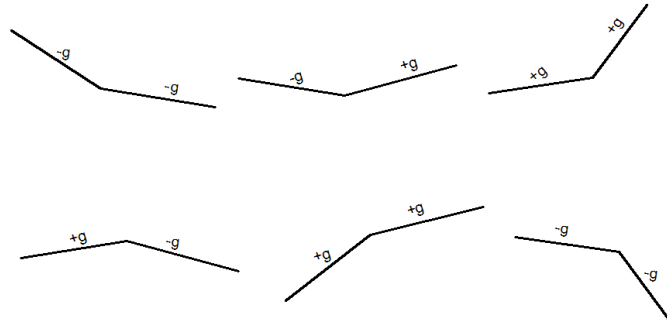
Pada lajur jalan dengan rencana volume lalu lintas tinggi, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan dibawah kecepatan rencana (V_r), sedangkan kendaraan lainnya masih dapat bergerak dengan kecepatan rencana. Dalam hal ini sebaliknya dipertimbangkan untuk membuat lajur tambahan di sebelah kiri lajur jalan.

c. Lengkung vertikal

Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian berikutnya, dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Lengkung vertikal direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase.

Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua bagian yang lurus (tangens), adalah:

1. Lengkung vertikal cekung adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.
2. Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan. Lengkung vertikal type a, b, dan c dinamakan lengkung vertikal cekung, sedangkan lengkung vertikal d, e, dan f dinamakan lengkung vertikal cembung.



Gambar 2.15 Jenis Lengkung Vertikal dilihat dari PVI

Dimana:

g_1 = Kelandaian tangen dari titik P (%)

g_2 = Kelandaian tangen dari titik Q (%)

Dari gambar 2.15 dapat dilihat Kelandaian mendaki (pendakian) diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun (penurunan) diberi tanda (-). Ketentuan pendakian (naik) atau penurunan (turun) ditinjau dari sebelah kiri ke kanan.

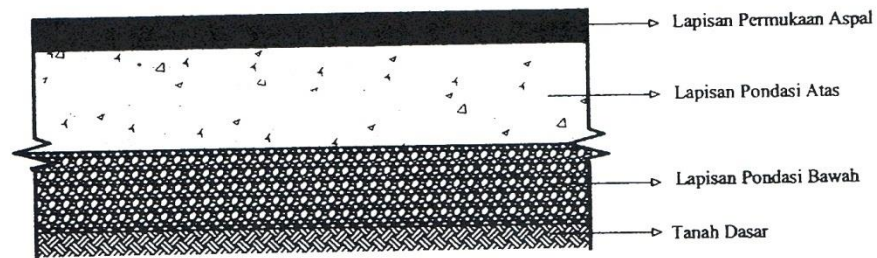
2.7 Perencanaan Perkerasan Jalan

Untuk dapat memberikan rasa nyaman, permukaan jalan diberi lapisan perkerasan. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

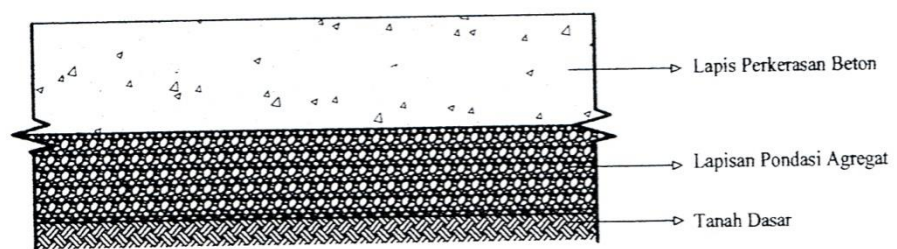
Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, lapisan — lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Struktur jalan untuk jenis perkerasan lentur pada dasarnya terdiri dari tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi atas (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*) seperti yang terlihat pada gambar 2.16.

Gambar 2.16. Susunan lapisan perkerasan lentur



2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku adalah lapisan beton, dimana lapisan tersebut berfungsi sebagai *base course* sekaligus sebagai *surface course*. Perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton. Perkerasan kaku terdiri dari 3 lapisan yaitu, tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), pelat beton (*concrete slab*), seperti yang terlihat pada gambar 2.17.

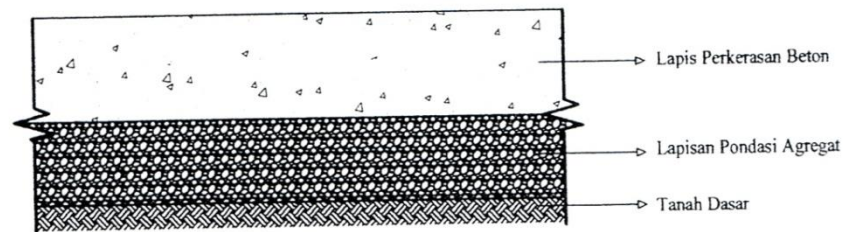


Gambar 2.17. Susunan lapis perkerasan kaku

3. Perkerasan Komposit

Perkerasan komposit merupakan gabungan dari perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Untuk ini maka perlu ada persyaratan ketebalan perkerasan aspal agar mempunyai kekuatan yang cukup

serta mencegah retak refleksi dari perkerasan beton di bawahnya. Seperti pada gambar 2.18.



Gambar 2.18. Lapisan perkerasan jalan komposit

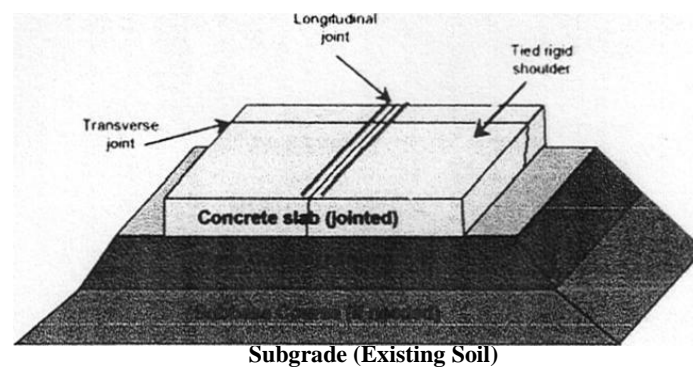
2.7.1 Umur Rencana

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.

2.7.2 Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Rigid Pavement atau perkerasan kaku sudah sangat lama dikenal di Indonesia. Perkerasan tipe ini sudah sangat lama di kembangkan di negara - negara maju seperti Amerika, Jepang, Jerman dll.



Gambar 2.19 Penampang *Rigid Pavement*

Rigid Pavement atau perkerasan kaku adalah suatu susunan konstruksi perkerasan di mana sebagai lapisan atas digunakan pelat beton yang terletak di atas pondasi atau di atas tanah dasar pondasi atau langsung di atas tanah dasar (subgrade). seperti terlihat pada gambar 2.19.

Pada mulanya plat perkerasan kaku hanya di letakkan di atas tanah tanpa adanya pertimbangan terhadap jenis tanah dasar dan drainasenya. Ukuran saat itu hanya 6-7 inch. Seiring dengan perkembangan jaman, beban lalu lintas pun bertambah terutama saat sehabis Perang Dunia ke II, para engineer akhirnya mulai menyadari tentang pentingnya pengaruh jenis tanah dasar terhadap pengerjaan perkerasan terutama sangat pengaruh terhadap terjadinya pumping pada perkerasan. Pumping merupakan proses pengocokan butiran - butiran subgrade atau subbase pada daerah -daerah sambungan (basah atau kering) akibat gerakan vertikal pelat karena beban lalu lintas yang mengakibatkan turunnya daya dukung lapisan bawah tersebut.

2.7.3 Jenis-jenis perkerasan kaku

Berdasarkan adanya sambungan dan tulangan plat beton perkerasan kaku, perkerasan beton semen dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis sebagai berikut :

1. Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan tanpa tulangan untuk kendali retak.
2. Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan dengan tulangan plat untuk kendali retak. Untuk kendali retak digunakan *wire mesh* diantara siar dan penggunaannya independen terhadap adanya tulangan dowel.
3. Perkerasan beton bertulang menerus (tanpa sambungan). Tulangan beton terdiri dan baja tulangan dengan prosentasi besi yang relatif cukup banyak (0,02 % dari luas penampang beton).

Pada saat ini, jenis perkerasan beton semen yang populer dan banyak digunakan di negara-negara maju adalah jenis perkerasan beton bertulang menerus. Dalam konstruksinya, plat beton sering disebut sebagai lapis

pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton pada bagian atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan.

Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, mendistribusikan beban dari atas menuju ke bidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh dan tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan.

Karena yang paling penting adalah mengetahui kapasitas struktur yang menanggung beban, maka faktor yang paling diperhatikan dalam perencanaan tebal perkerasan beton semen adalah kekuatan beton itu sendiri. Adanya beragam kekuatan dari tanah dasar dan atau pondasi hanya berpengaruh kecil terhadap kapasitas struktural perkerasannya.

Lapis pondasi bawah jika digunakan di bawah plat beton karena beberapa pertimbangan, yaitu antara lain untuk menghindari terjadinya pumpling, kendali terhadap sistem drainasi, kendali terhadap kembang-susut yang terjadi pada tanah dasar dan untuk menyediakan lantai kerja (*working platform*) untuk pekerjaan konstruksi.

1. Secara lebih spesifik, fungsi dari lapis pondasi bawah adalah :
Menyediakan lapisan yang seragam, stabil dan permanen.
2. Menaikkan harga modulus reaksi tanah dasar (*modulus of sub-grade reaction = k*), menjadi modulus reaksi gabungan (*modulus of composite reaction*).
3. Mengurangi kemungkinan terjadinya retak-retak pada plat beton.
4. Menyediakan lantai kerja bagi alat-alat berat selama masa konstruksi.
5. Menghindari terjadinya pumpling, yaitu keluarnya butir-butiran halus tanah bersama air pada daerah sambungan, retakan atau pada bagian pinggir perkerasan, akibat lendutan atau gerakan vertikal plat beton karena beban lalu lintas, setelah adanya air bebas terakumulasi di bawah pelat.

2.7.4 Persyaratan Teknis

1. 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. Dan 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 :

$$\boxed{CBR = CBR_{maks} - (CBR_{maks} - CBR_{min}) / R} \dots\dots\dots (2.28)$$

Tabel. 2.15 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 Suryadharma, 1999)

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.16 diatas.

2. 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%.

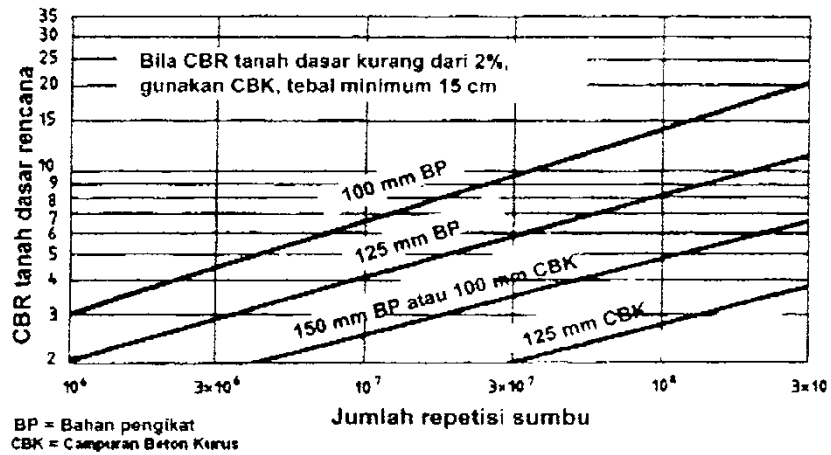
2) Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)

- 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 hams mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm²).

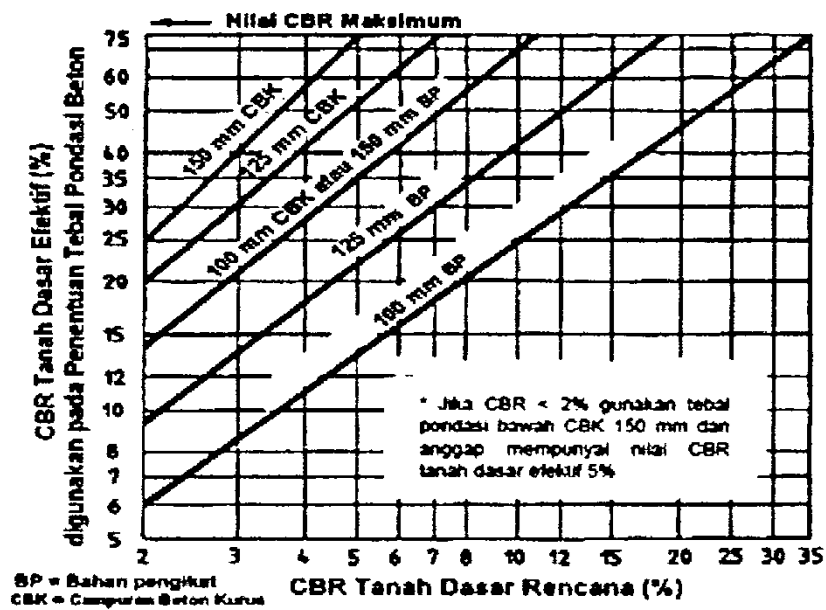
1) Campuran beton kurus (*Lean Mix Concrete*)

Campuran Beton Kurus (CBK) hams mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm²) tanpa kenggunakan 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 2.20 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari gambar 2.2



Gambar 2.20 Tebal Pondasi Bawah dengan beton korus



Gambar 2.21 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah


2. 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

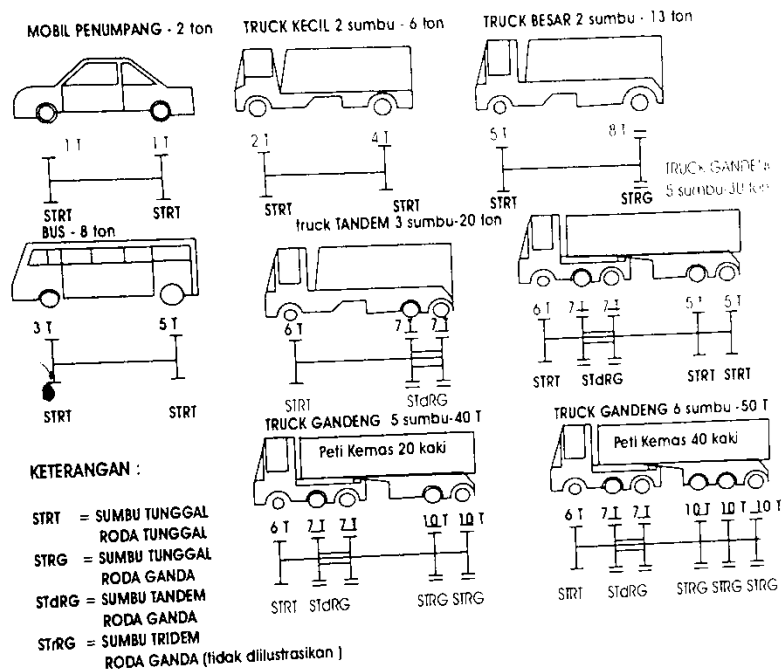
rencana. Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- Sumbu tandem roda ganda (SGRG)

Penentuan jenis kendaraan dan sumbu masing- masing kendaraan dapat dilihat pada gambar 2.22 Dan 2.23

Golongan	Kelompok jenis kendaraan	Jenis kendaraan	Konfigurasi sumbu	Kode
1	Sepeda motor, kendaraan roda-3			
2	Sedan, jeep, station wagon			1.1
3	Angkutan penumpang sedang			1.1
4	Pick up, micro truk dan mobil hantaran			1.1
5a	Bus kecil			1.1
5b	Bus besar			1.2
6a	Truk ringan 2 sumbu			1.1
6b	Truk sedang 2 sumbu			1.2
7a	Truk 3 sumbu			1.2.2
7b	Truk gandengan			1.2.2 - 2.2
7c	Truk semitrailer			1.2.2.2.2
8	Kendaraan tidak bermotor			

Gambar 2.22 Golongan kelompok dan jenis kendaraan



Gambar 2.23 Beban sumbu kendaraan

3. 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 2.17.

Tabel 2.16 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koef. Distribusi

Lebar perkerasan (Lp)	Jumlah lajur (n1)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} < L_p < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} < L_p < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} < L_p < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} < L_p < 18,75$ m	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} < L_p < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

6. 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.

7. 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 :

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{in(1+i)} \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

R = faktor pertumbuhan lalu lintas

I = laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam % UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.17. 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)

8. 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 :

$$\boxed{JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C} \dots\dots\dots(2.32)$$

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.

9. 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 2.18

Tabel 2.18 Faktor Keamanan Beban (Fkb)

No.	Penggunaan	Nilai F
1	Jalan bebas hambatan utama (major freeway) dan jalan berlajurbanyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban (weight-in-motion) dan adanya kemungkinan route alternative, maka nilai faktor	1,2
2	Jalan bebas hambatan (freeway) 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)

2.7.5 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 diikatkan dengan lajur lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb.

2.7.6 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 antarlain :

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 :

$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots (2.33)$$

$$l = (38,3x+75) \dots\dots\dots (2.34)$$

Dimana :

A_t = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2).

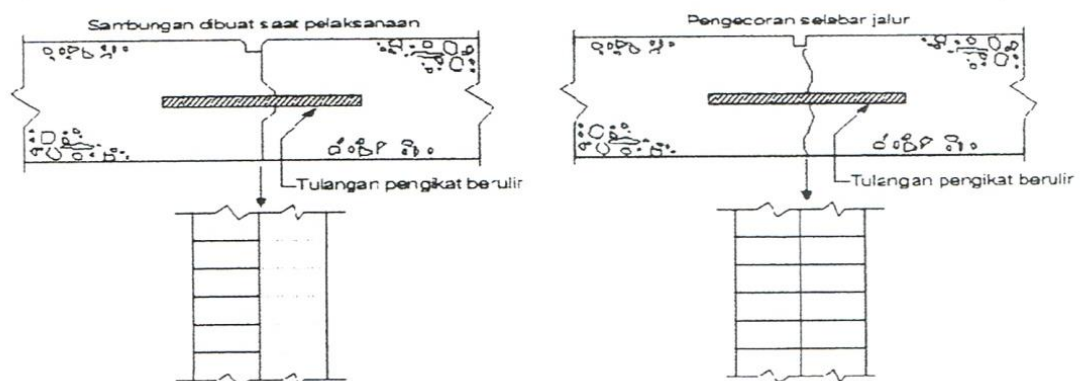
b = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

h = Tebal pelat (m).

l = Panjang batang pengikat (mm).

ϕ = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

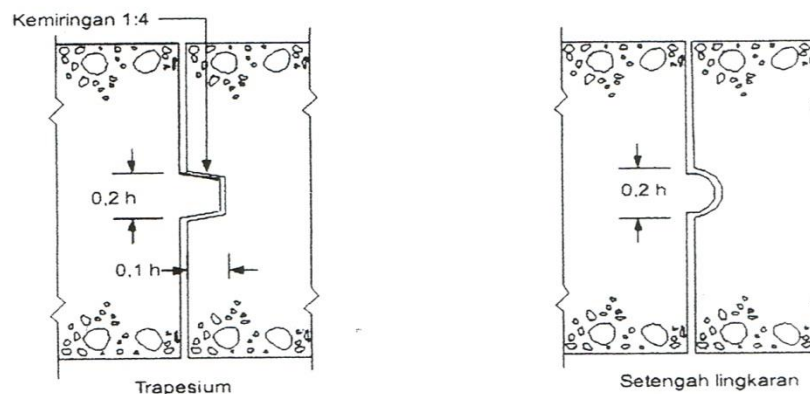
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.22.



Gambar 2.24 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 2.23.



Gambar 2.25 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 barn.

c. Sambungan Susut Memanjang

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

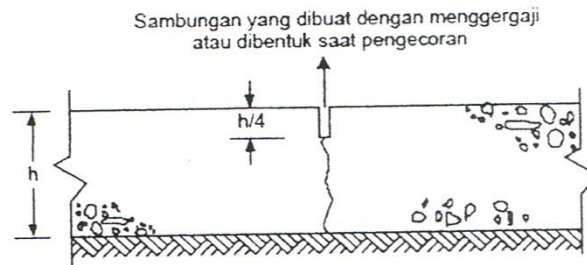
d. Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

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

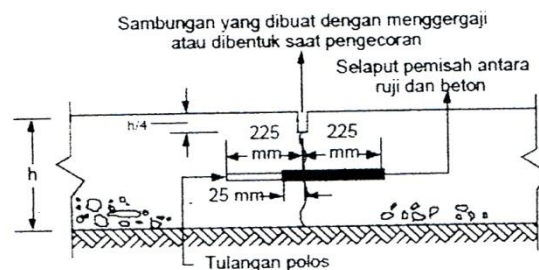
e. Sambungan susut melintang

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

diperlihatkan pada gambar 2.26 dan gambar 2.27



Gambar 2.26 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji



Gambar 2.27 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 8-15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas saat pelat beton menyusut. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada tabel 2.19.

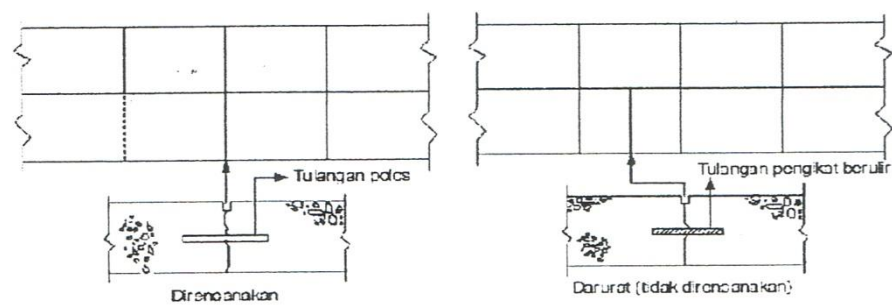
Tabel 2.19 Diameter Ruji

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

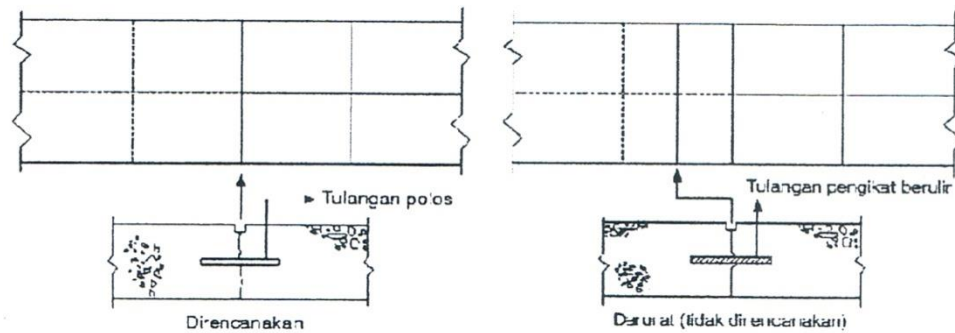
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

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



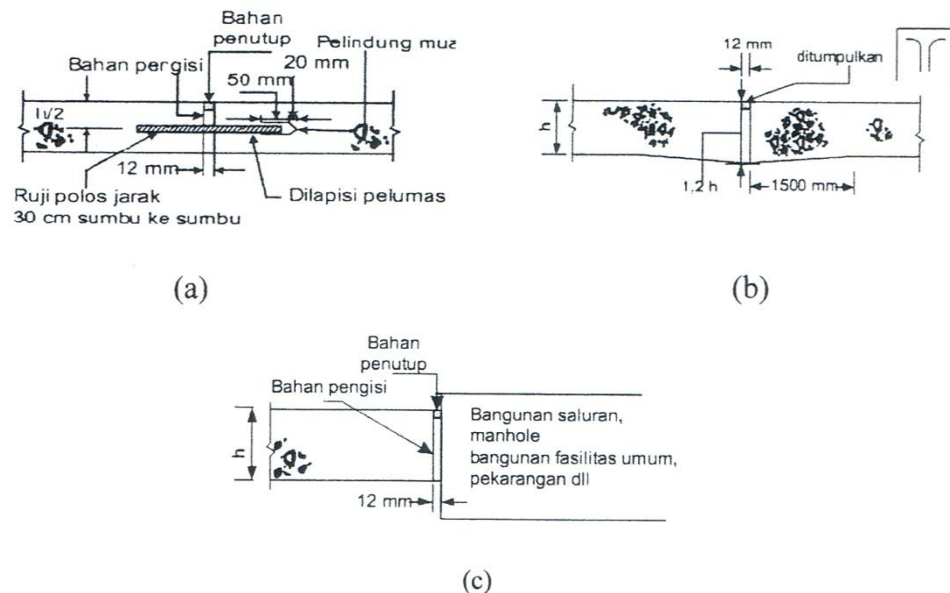
Gambar 2.28 Sambungan Pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur



Gambar 2.29 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 2.28.

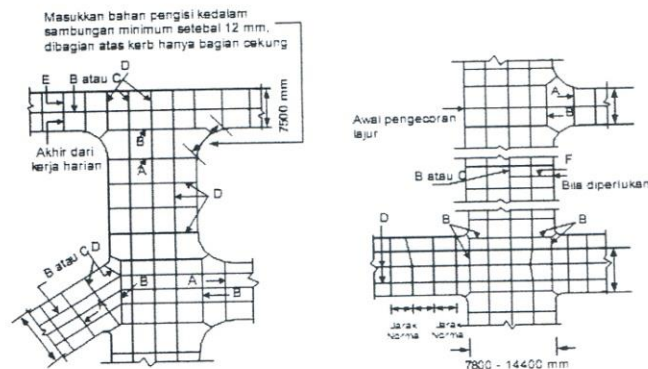


Gambar 2.30. Sambungan Isolasi dengan ruji (a), Sambungan isolasi dengan penebalan tepi (b), sambungan isolasi tanpa ruji (c).

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 2.31 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

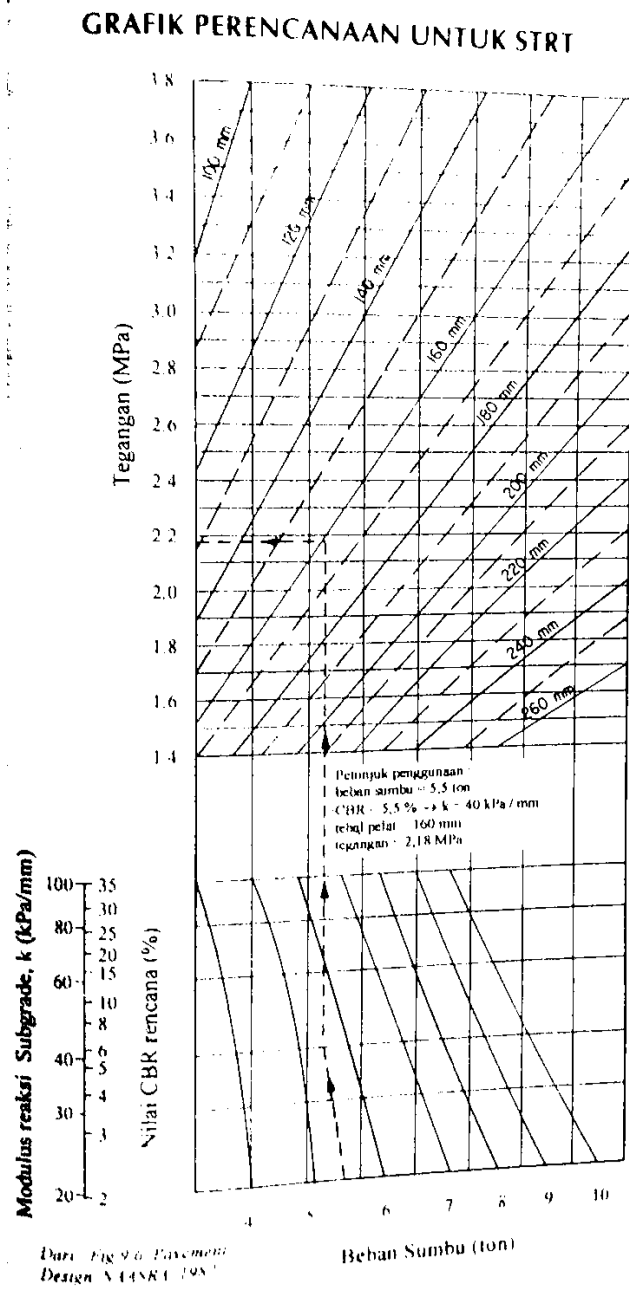
F = Sambungan Pelaksanaan Melintang yang tidak direncanakan

2.7.7 Perencanaan tebal plat

Tebal plat 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%.

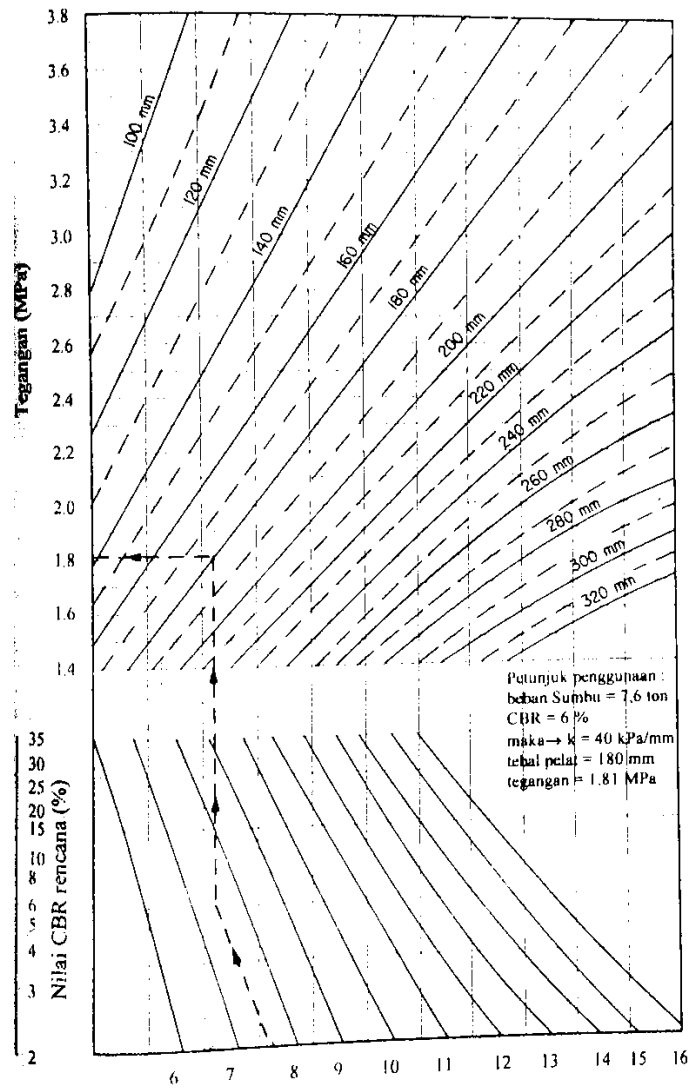
Grafik perencanaan masing-masing sumbu kendaraan dapat dilihat

pada tabel 2.32,2.33,dan 2.34 dibawah ini.



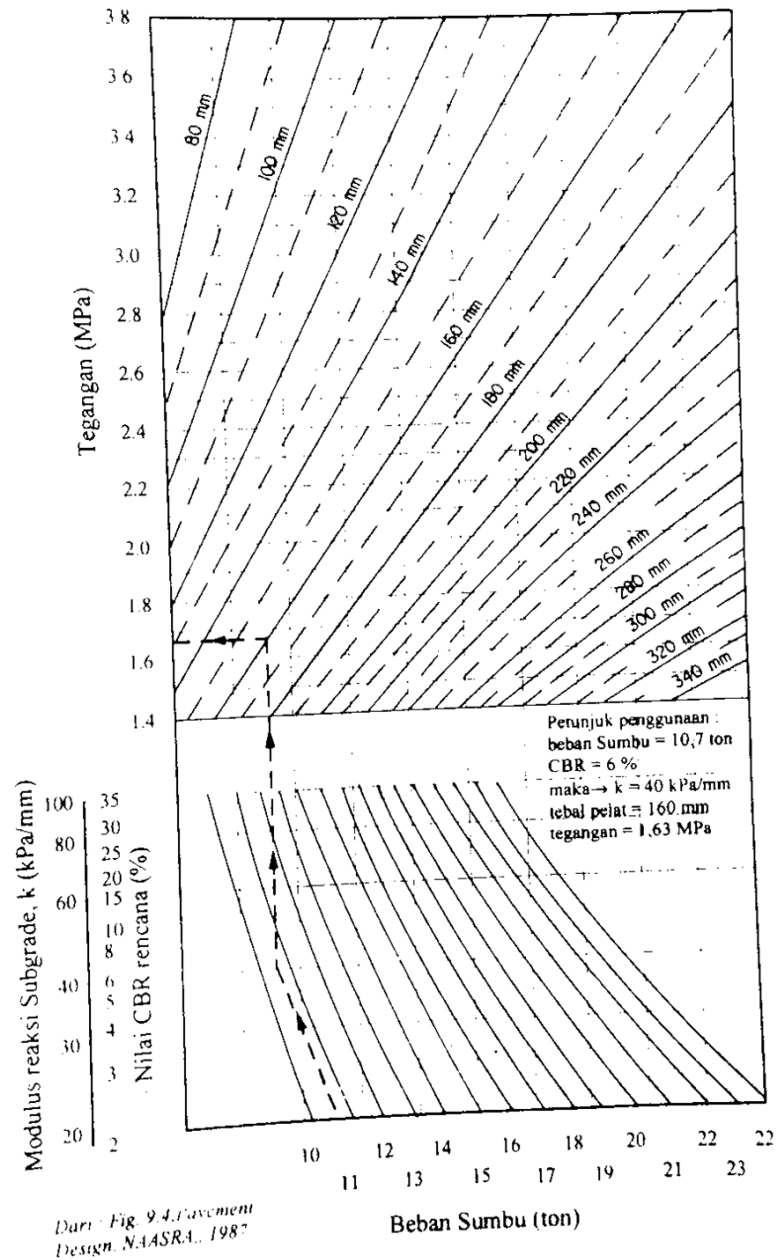
Gambar 2.32 Grafik perencanaan untuk STRT

GRAFIK PERENCANAAN UNTUK STRG



Gambar 2.33 Grafik perencanaan untuk STRG

GRAFIK PERENCANAAN UNTUK SGRG



Dari: Fig. 9.4. Pavement
 Design, NAASRA, 1987

Gambar 2.34 Grafik perencanaan untuk SGRG

2.7.8 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 :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana :

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

f_c = 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 2.21 dibawah ini :

Tabel 2.20 Koefisien Gesekan Pelat Beton dengan Lapisan Pondasi Bawah

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

(sumber : Perencanaan Perkerasan Arlan Beton Semen, 2003)

c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

1. Penulangan memanjang

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

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,41)}{f_{il} - n \cdot f_{ct}} \dots\dots\dots (2.36)$$

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/cm²)

F_y = tegangan leleh rencana baja (kg/cm²)

N = angka ekuivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c), dapat dilihat pada Label 2.26

μ = Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

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

E_c = modulus elastisitas beton = $1485 \sqrt{f_c}$ (kg/cm²)

Tabel 2.21 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 :

$$L_{cr} = \frac{f_{cr}}{N \cdot p^2 \cdot FB \cdot (S \cdot E_c - f_{ct})} \dots\dots\dots(2.37)$$

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 = $(0,4 - 0,5 f_{ct})$ (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 mm dan 225 mm. Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12mm dan 20mm.

3. Penulangan melintang

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

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

4. Penempatan tulangan

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

2.8 Perhitungan Volume Pekerjaan

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan.

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

- a. Penentuan Stationing (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan). Ketentuan umum untuk pemasangan patok-patok tersebut adalah sebagai berikut:
 - 1) untuk daerah datar dan lurus, jarak antara patok 100 m.
 - 2) untuk daerah bukit, jarak antara patok 50 m.
 - 3) untuk daerah gunung, jarak antara patok 25 m.
- b. Galian profil memanjang (Alinyemen Vertikal) yang memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asah dengan muka tanah rencana.
- c. Gambar potongan melintang (*Cross Section*) pada titik stationing, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
- d. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan Inas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

2.9 Bangunan Pelengkap Jala

Bangunan pelengkap jalan merupakan bagan dan jalan yang dibangun sesuai dengan persyaratan teknis, antara lain saluran samping, gorong-gorong (*culvert*), tempat parkir, pagar pengaman, dan dinding panahan tanah.

2.9.1 Drainase Saluran Samping

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

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

Di bawah ini diberikan contoh perhitungan sekaligus dengan uraian dan rumus yang digunakan.

Analisa Distribusi Frekuensi Cara Gumbel

Rumus persamaan yang digunakan sebagai berikut :

Hujan rata-rata (X)	Standar Deviasi
$\frac{\sum X}{n}$(2.38)	$\sqrt{\frac{\sum(X^2) - X \sum X}{n-1}}$(2.39)

Frekuensi Hujan Pada Periode Ulang T	Faktor Frekuensi
$R_T = X + K S_x$(2.40)	$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$(2.41)

Tabel 2.22 Nilai K Sesuai Lama Pengamatan

T	YT	Lama Pengamatan (Tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0,3665	-0,1355	-0,1434	-0,1478	-0,1506	-0,1526
5	1,4999	1,0580	0,9672	0,9186	0,8878	0,8663
10	2,2502	1,8482	1,7023	1,6246	1,5752	1,5408
20	2,9702	2,6064	2,4078	2,3020	2,2348	2,1881
25	3,1985	2,8468	2,6315	2,5168	2,4440	2,3933
50	3,9019	3,5875	3,3207	3,1787	3,0884	3,0256
100	4,6001	4,3228	4,0048	3,8356	3,7281	3,6533

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

b. Menentukan Intensitas Hujan Rencana

Untuk mengolah R (frekuensi hujan) menjadi I (Intensitas Hujan) dapat digunakan cara Prof. Talbot sebagai berikut :

$$I = \frac{a}{t+b} \dots\dots\dots (2.42)$$

Dimana :

a,b = Konstanta yang di sesuaikan dengan lokasi, tak berdimensi

t = Durasi hujan (menit)

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

Menurut JICA, Jika $t < 10$ menit = dianggap 10 menit, jika $t > 120$ menit maka rumus ini akurasi berkurang.

Jika data curah hujan harian yang diperlukan tidak tersedia, maka **R24** dari table digunakan dengan bantuan cara Weduwen, yaitu mengacu pada curah hujan.

c. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi di bagi dua, yaitu (t_1) waktu untuk mencapai awal saluran (inlet time) dan (t_2) waktu pengaliran. Untuk drainase permukaan jalan menurut JICA dipakai (t_1) sedangkan untuk saluran atau Culvert dipakai (t_2 t_1).

a. Inlet Time

Dipengaruhi oleh banyak factor seperti kondisi dan kelandaian permukaan, has dan bentuk daerah tangkapan dan lainnya. Kisaran yang dapat dipakai dari rumus ini sangat terbatas tetapi rumus ini mempunyai nilai ketelitian baik jika intensitas hujan berkisar 50 mm/jam.

$$t_1 = \left\{ \frac{2}{3} \times 3,28 \times L t \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right\} \dots\dots\dots (2.43)$$

Dimana :

t_i = Inlet Time (menit)

Lt = panjang dari titik terjauh sampai sarana drainase (m)

k = kelandaian permukaan

n_d = Koefisien hambatan

L_1 dan L_2 ditentukan dan klasifikasi jalan, sedangkan L_3 ditentukan dan terrain di lapangan karena daerah pengaliran dibatasi oleh titik-titik tertinggi pada bagian kiri dan kanan jalan berupa alur dan sungai yang memotong jalan, jadi:

- Jika $L_3 > (L_1 + L_2)$ maka $L_t = L_3$
- Jika $L_3 < (L_1 + L_2)$ maka $L_t = (L_1 + L_2)$

Untuk perhitungan $L_3 = 100$ m dari tepi luar saluran ke arah luar jalan, karena koridor dari pemetaan topografi hanya selebar $\pm 150 - 200$ m sehingga data diluar koridor tidak terliput.

Pembatasan lebar koridor pemetaan ini dilakukan dengan pertimbangan anggaran dan waktu yang terbatas.

Table 2.23 Koefisien Hambatan

Kondisi permukaan yang dilalui aliran	n_d
Lapisan semen dan aspal beton	0,013
Permukaan halus dan kedap air	0,02
Permukaan halus dan padat	0,10
Lapangan dengan rumput jarang, lading, dan tanah lapang kosong dengan permukaan cukup kasar	0,20
Lading dan lapangan rumput	0,40
Hutan	0,60
Hutan dan rimba	0,80

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

Keterangan :

- Panjang :
 L_1, L_3, L_2 sesuai ketentuan klasifikasi jalan
- Kelandaian :
Untuk $L_1, k_1 = 2 - 3\%$
Untuk $L_2, k_2 = 3 - 5\%$

Untuk kelandaian ini juga disesuaikan dengan klasifikasi dan konstruksi

jalan, untuk L3, k3 = sesuai dengan kondisi di lapangan

- Lebar :

Lebar dengan pengaliran yang di perhitungkan = panjang saluran yang di hitung (L = panjang saluran yang di hitung)

b. Waktu pengaliran

Dapat diperoleh sebagai pendekatan dengan membagi panjang aliran maksimum dari saluran samping dengan kecepatan rata-rata aliran pada saluran tersebut.

Kecepatan rata-rata aliran diperoleh dari rumus manning:

$$V = 1.49 R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.44)$$

Dimana :

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

J = F/O jari-jari Hydraulis (m),

F = luas penampang basah (m²),

O = keliling basah (m)

S = kemiringan muka air saluran n = koefisien kekasaran manning waktu pengaliran di peroleh dan rumus

$$t_2 = \frac{L}{(60)V} \dots\dots\dots (2.45)$$

Dimana :

L = panjang saluran (m)

t2 = waktu pengaliran (menit)

jika waktu konsentrasi (Tc) = (t1 + t2) yaitu rumus (2.48) + rumus (2.49) sedangkan V pada rumus (2.49) diperoleh dari rumus (2.48) dimana V dapat ditentukan jika dimensi saluran telah ditetapkan.

d. Luas daerah pengaliran

Luas daerah tangkapan hujan -pada perencanaan saluran samping jalan dan culvert adalah daerah pengaliran yang menerima curah hujan selama waktu tertentu, sehingga menimbulkan debit limpasan yang harus di tampung oleh saluran samping untuk dialirkan ke culvert atau sungai.

Penampang melintang daerah pengaliran dengan panjang yang di tinjau adalah sepanjang saluran (L)

$$A = L \times L \dots\dots\dots(2.46)$$

$$A = L(L_1 + L_2 + L_3) \dots\dots\dots (2.47)$$

1. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran atau koefisien lipasan (C) adalah angka reduksi dan intensitas hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan, kemiringan atau kelandaian, jenis tanah dan durasi hujan, koefisien ini tidak berdimensi.

Menurut The Asphalt Institute untuk menentukan C_w dengan berbagai kondisi permukaan, dapat dihitung atau ditentukan dengan cam sebagai berikut :

$$C_w = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3}{A_1 + A_2 + A_3 \dots} \dots\dots\dots (2.48)$$

Dimana :

$C_1, C_2 \dots$ = Koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

$A_1, A_2 \dots$ = Luas daerah pengaliran (km^2)

C_w = C rata-rata pada daerah pengaliran yang dihitung.

Untuk setiap area yang ditinjau $L = \text{konstan}$, sedangkan L_3 sebagai pendekatan diambil 100 m, maka untuk penampang melintang normal dengan cara memasukan persamaan diperoleh :

$$C_w = \frac{C_1.L_1.C_2.L_2.C_3.L_3}{L_1.L_2.L_3} \dots\dots\dots (2.48)$$

2. Debit aliran air (Q)

$$C_w \frac{1}{36} \times C \times I \times A \dots\dots\dots (2.48)$$

Dimana :

Q : Debit aliran air (m^3/detik)





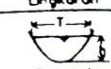
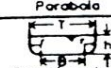
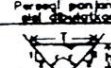
C : Koefisien pengaliran rata-rata dari C_1, C_2, C_3

I : Intensitas curah hujan (mm/jam)

A : Koefisien pengaliran rata-rata dari A_1, A_2, A

g. Penampang Saluran

Tabel 2.24 Unsur-Unsur Geometris Penampang Saluran

Penampang	Luas A	Keliling basah O	Jari-jari hidrolis R	Lebar puncak T	Kedalaman hidrolis D	Faktor penampang Z
 Persegi Panjang	Bh	$B+2h$	$\frac{Bh}{B+2h}$	B	h	$Bh^{1.5}$
 Trapezium	$(B+zh)h$	$B+2h\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(B+zh)h}{B+2h\sqrt{1+z^2}}$	$B+2zh$	$\frac{(B+zh)h}{B+2zh}$	$\frac{[(B+zh)h]^{1.5}}{\sqrt{B+2zh}}$
 Segi tiga	zh^2	$2h\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zh}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zh$	$\frac{1}{2}h$	$\frac{\sqrt{2}}{2}zh^{2.5}$
 Lingkaran	$\frac{1}{2}(\theta - \sin\theta)d_0^2$	$\frac{1}{2}\theta d_0$	$\frac{1}{4}(1 - \frac{\sin\theta}{\theta})d_0$	$\frac{(\sin \frac{1}{2}\theta)d_0}{2\sqrt{h(d_0-h)}}$	$\frac{1}{6}(\frac{\theta - \sin\theta}{\sin \frac{1}{2}\theta})d_0$	$\frac{\sqrt{2}(\theta - \sin\theta)^{1.5}}{32(\sin \frac{1}{2}\theta)^{0.5}}d_0^{2.5}$
 Parabola	$\frac{1}{2}Th$	$T + \frac{8}{3}h^2$	$\frac{2T^2h}{3T^2+8h^2}$	$\frac{3}{2}\frac{A}{h}$	$\frac{2}{3}h$	$\frac{2}{9}\sqrt{6}Th^{1.5}$
 Persegi panjang sel dibetuk	$(\frac{T}{2}-2)r^2+(B+2r)h$	$(\frac{T}{2}-2)r+B+2h$	$\frac{(\frac{T}{2}-2)r^2+(B+2r)h}{(\frac{T}{2}-2)r+B+2h}$	$B+2r$	$\frac{(\frac{T}{2}-2)r^2}{B+2r} + h$	$\frac{[(\frac{T}{2}-2)r^2+(B+2r)h]^{1.5}}{\sqrt{B+2r}}$
 Segi tiga, dasar dibetuk	$\frac{T^2}{24} - \frac{z^2}{2}(1-z\cot^2z)$	$\frac{T}{2}\sqrt{1+z^2} - \frac{2r}{z}(1-z\cot^2z)$	$\frac{A}{O}$	$2[z(h-r)+r\sqrt{1+z^2}]$	$\frac{A}{T}$	$A\sqrt{\frac{A}{T}}$

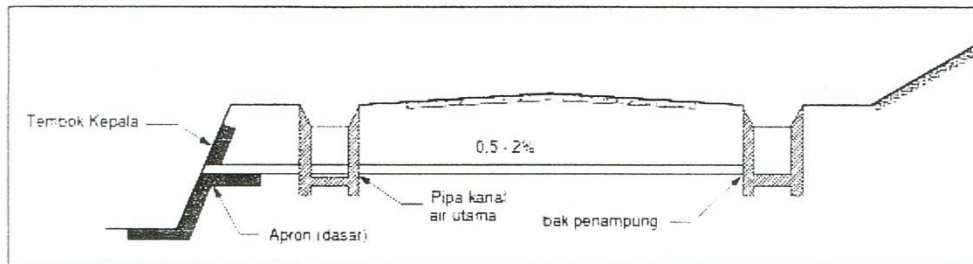
*) Perkiraan yang paling cocok untuk interval $0 < x \leq 1$. Bila $x = 4h/T$ Bila $x > 1$, dipakai hubungan $P = (T/2)[\sqrt{1+x^2} + 1/x \ln(x + \sqrt{1+x^2})]$

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

Tabel 2.25 menunjukkan Unsur-Unsur Geometris Penampang Saluran

2.9.2 Gorong-gorong

- Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya
- Harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien.
- Harus dibuat dengan tipe permanen (lihat Gambar 2 .30). Adapun pembangunan gorong-gorong terdiri dari tiga konstruksi utama, yaitu:
 - pipa kanal air utama yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bagian hulu ke bagian hilir secara langsung,
 - apron (dasar) dibuat pada tempat masuk untuk mencegah terjadinya erosi dan dapat berfungsi sebagai dinding penyekat lumpur
 - bak penampung diperlukan pada kondisi pertemuan antara gorong-gorong dan saluran tepi pertemuan lebih dari dua arah aliran



Gambar 2.35 Bagian Kontruksi Gorong-gorong

- d. Jarak gorong-gorong pada daerah datar maksimum 100 meter. Untuk daerah pegunungan besarnya bisa dua kali lebih besar.
- e. Kemiringan gorong-gorong antara 0,5% — 2% dengan pertimbangan faktor-faktor lain yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan erosi di tempat air masuk dan pada bagian pengeluaran.
- f. Tipe dan bahan gorong-gorong yang permanen dengan disain umur rencana untuk periode ulang atau kala ulang hujan untuk perancangan gorong-gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong-gorong berlokasi :
 1. Jalan Tol : 25 tahun
 2. Jalan Arteri : 10 tahun
 3. Jalan Kolektor : 7 tahun
 4. Jalan Lokal : 5 tahun
- g. Untuk daerah-daerah yang berpasir, bak control dibuat/direncanakan sesuai dengan kondisi setempat.
- h. Perhitungan dimensi gorong-gorong mengambil asumsi sebagai saluran terbuka. Perhitungan dimensi gorong-gorong harus memperkirakan debit-debit yang masuk gorong-gorong tersebut.
- i. Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80 cm; Kedalaman gorong-gorong yang aman terhadap permukaan jalan, tergantung tipe dengan kedalaman minimum 1 m - 1,5 m dan permukaan jalan.
- j. Kecepatan minimum dalam gorong-gorong 0,7 m/detik agar tidak terjadi sedimentasi.

2.10 Manajemen Proyek dan RAB

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. Berikut aspek-aspek yang terkait dalam manajemen proyek :

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. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap — tiap pekerjaan yang ada. Dan harga — harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. 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 *of the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

3. 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.

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.

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

a. 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.

b. 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 :

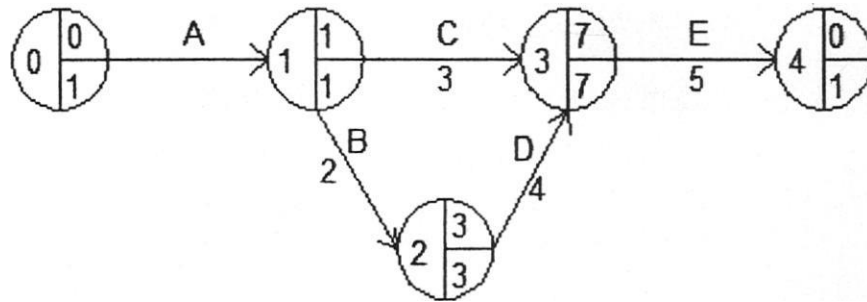
- Bestek
Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat
- Gambar Bestek
Gunanya untuk menentukan/menghitung/besarnya masing — masing volume pekerjaan.
- Harga Satuan Pekerjaan
Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW.

4. 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.

5. Rencana Kerja (NWP)

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap — tiap pekerjaan yang ada. Di dalam rencana kerja (NWP) dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram *network*, seperti terlihat pada gambar 2.31 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 2.36 Sketsa *Network Planning*

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
- Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- 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:

- Urutan pekerjaan yang logis.

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

- Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada 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 :

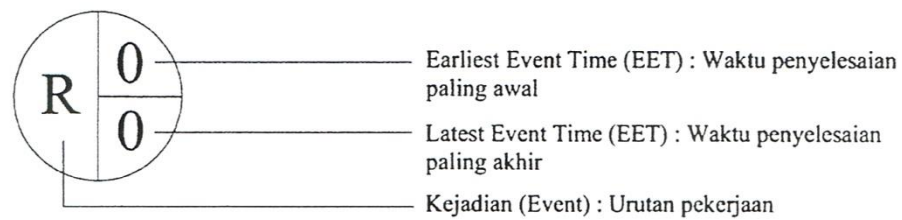
- Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
- Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa

yang mengikuti.

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

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

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

6. Barchart

Diagram *barchart* mempunyai hubungan yang erat dengan network planning. *Barchart* ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

7. Kurva S

Kurva S adalah sebuah jadwal perencanaan yang disajikan dalam bentuk Label dan bagan menyerupai huruf S. Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai beralahirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran. Kurva S yang baik adalah pelan disaat awal pekerjaan kemudian cepat ditengah dan santai lagi diakhir jadwal.