

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Dasar Perencanaan Geometrik**

##### **2.1.1 Pengertian**

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu – lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Secara umum perencanaan geometrik terdiri dari aspek – aspek perencanaan trase jalan, badan jalan yang terdiri dari bahu jalan dan jalur lalu lintas, tikungan, drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efesiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan. (Sukirman,1999)

##### **2.1.2 Parameter Dalam Perencanaan Geometrik**

Dalam pedoman Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (No.38/TBM/1997), bentuk geometrik jalan harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai fungsinya.

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat tiga tujuan utama yaitu :

1. Memberikan keamanan dan kenyamanan, seperti jarak pandangan, ruang yang cukup bagi manuver kendaraan dan koefisien gesek permukaan jalan yang cukup.
2. Menjamin suatu perancangan ekonomis.
3. Memberikan suatu keseragaman geometrik jalan sehubungan dengan jenis medan (*terrain*).

Berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam perencanaan geometrik jalan raya antara lain :

a. Keadaan Lalulintas

Adapun masalah yang menyangkut lalu lintas adalah meliputi ;

1 Karakteristik Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang di tinjau.

Analisis data lalu lintas dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi jalan harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik dan lainnya, karena saling berhubungan satu sama lain. Unsur lalu lintas benda atau pejalan kaki sebagai bagian dari lalu lintas diatas roda disebut kendaraan dalam unit (Hendarsin,2000).

2 Volume Lalu Lintas

Sukirman (1999) dalam Dasar – dasar Perencanaan Geometrik Jalan menyebutkan bahwa, Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas dalam smp ini menunjukkan besarnya jumlah Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut.

a) Lalulintas Harian Rata – rata Tahunan (LHRT)

Lalu lintas yang menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan selama 24 jam dalam satu tahun penuh.

Rumus umum :

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah lalulintas dalam satu tahun}}{365}$$

Keterangan :

LHRT = lalu lintas harian rata – rata tahunan

365 = Jumlah hari dalam setahun

b) Lalulintas Harian Rata – rata (LHR)

Jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dibagi lamanya pengamatan itu sendiri.

Rumus umum :

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah lalulintas dalam satu tahun}}{\text{Lamanya pengamatan}}$$

3. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik, dilihat dari bentuk ukuran dan daya dari kendaraan yang dipergunakan jalan, kendaraan tersebut dikelompokkan jadi tiga kategori :

- Kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang
- Kendaraan sedang, diwakili oleh truk 3as tandem dan bus besar 2as
- Kendaraan besar , diwakili oleh truk dan semi tailer.

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Dimensi Kendaraan Rencana

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

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

Kendaraan rencana yang akan dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan ditentukan oleh fungsi dan jenis kendaraan yang dominan yang memakai jalan tersebut. Pertimbangan biaya tentu ikut menentukan kendaraan rencana yang dipilih sebagai kriteria perencanaan (Shirley, 2000).

#### 4. Kecepatan Rencana

Kecepatan pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan seperti tikungan, kemiringan jarak pandang dan lain-lain. Kecepatan rencana yang dipilih tersebut kecepatan tertinggi menerus yang memungkinkan kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi lalu lintas cerah, lalu lintas yang lengang dan pengaruh samping yang tidak berarti.

Faktor – faktor yang mempengaruhi kecepatan rencana adalah :

1. Keadaan trase apakah datar, berbukit atau gunung.

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan. Klasifikasi golongan medan diberikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Klasifikasi golongan medan

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

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

2. Sifat dan tingkat penggunaan daerah

Kecepatan yang diambil akan berbeda beda tiap kelas jalannya seperti pada table dibawah ini

Tabel 2.3 Kecepatan Rencana berdasarkan Medan Jalan

Fungsi jalan	Kecepatan Rencana ( $V_r$ ),km/jam		
	datar	bukit	gunung
Arteri	70-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-60	30-50
lokal	40-70	30-50	20-30

(Sumber Perencanaan Geometrik Jalan Raya ,Shirley L,H.2000)

### 5. Satuan Mobil Penumpang (smp)

Setiap jenis kendaraan mempunyai karakteristik pergerakan yang berbeda, karena dimensi, kecepatan, percepatan maupun kemampuan manuver masing – masing type kendaraan berbeda, dan pengaruh geometrik jalan. Oleh karena itu, untuk menyamakan satuan dari masing – masing jenis kendaraan digunakan suatu satuan yang bisa dipakai dalam perencanaan lalulintas yang disebut satuan mobil penumpang (smp). Besarnya smp yang direkomendasikan sesuai dengan hasil penelitian MKJI sebagai berikut :

Tabel 2.4 Faktor Satuan Mobil Penumpang ( smp )

No	Jenis Kendaraan	Kelas	smp	
			Ruas	Simpang
1	Kendaraan Ringan <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sedan/Jeep</li> <li>• Oplet</li> <li>• Mikrobus</li> <li>• Pick – up</li> </ul>	LV	1.00	1.00
2	Kendaraan Berat <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bus standar</li> <li>• Truk sedang</li> <li>• Truk berat</li> </ul>	HV	1.20	1.30
3	Sepeda Motor	MC	0.25	0.40
4	Kendaraan Tak Bermotor <ul style="list-style-type: none"> <li>• Becak</li> <li>• Sepeda</li> <li>• Gerobak, dll</li> </ul>	UM	0.80	1.00

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 2.5 Satuan Mobil Penumpang (smp)

Jenis Kendaraan	Nilai smp
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang/Sepeda Motor	1,0
Truk Ringan (< 5 ton)	2,0
Truk Sedang (> 5 ton)	2,5
Truk Berat (> 10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	0,8

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

#### 6. Ekuivalen Mobil Penumpang (emp)

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

Tabel 2.6. Ekuivalen Mobil Penumpang(emp)

No.	Jenis kendaraan	Datar /Perbukitan	pegunungan
1.	Sedan, Jeep, Station	1,0	1,0
2.	Wagon	1,2-2,4	1,9-3,5
3.	Pick-Up, Bus Kecil, Truck Kecil. Bus dan Truck Besar	1,2-5,0	2,2-6,0

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

#### 7. Kapasitas

Kapasitas didefinisikan sebagai banyaknya jumlah kendaraan maksimum yang dapat melintasi ruas jalan, selama periode waktu tertentu, dalam kondisi jalan dan lalu lintas yang ada. Kapasitas didapat dari harga besaran kapasitas ideal yang direduksi oleh faktor-faktor lalu lintas dan jalan.

Kapasitas tidak dapat diketahui dengan menggunakan rumus yang sederhana. Yang penting dalam penilaian kapasitas jalan adalah pemahaman akan berbagai kondisi yang berlaku.

a. Kondisi ideal

Kondisi ideal adalah suatu kondisi pada salah satu ruas jalan yang merupakan kondisi yang layak untuk ruas jalan tersebut. Apabila pada salah satu ruas jalan mengalami kemacetan akibat dari volume kendaraan yang berlebihan pada ruas jalan tersebut, maka pada ruas jalan tersebut sudah tidak layak lagi digunakan dan cara menanggulangnya dapat dilakukan dengan menambah kapasitas dengan cara menambah lajur atau mengalihkan arus lalu lintas agar dicapai kondisi ideal pada ruas jalan tersebut.

b. Kondisi jalan

Kondisi jalan juga mempengaruhi kapasitas pada ruas jalan, dengan kondisi jalan yang tidak ada hambatan maka pada ruas jalan tersebut tidak adanya kemacetan, tundaan dan hambatan samping. Pada ruas jalan yang memiliki klasifikasi kelas jalan dan juga kondisi jalan yang harus memenuhi kriteria untuk klasifikasi kelas jalan tersebut.

Adapun kondisi jalan yang mempengaruhi kapasitas pada salah satu ruas jalan adalah :

- Lebar jalur ruas jalan
- Lebar bahu jalan
- Fasilitas perlengkapan lalu lintas
- Kecepatan kendaraan
- Alinyemen horizontal dan vertikal

c. Kondisi medan

Kondisi medan yang dimaksudkan adalah letak dimana ruas jalan tersebut dibangun dengan alinyemen yang diatur sesuai dengan kondisi medan pada ruas jalan tersebut.

Adapun kategori-kategori dari kondisi medan untuk ruas jalan adalah,

- Medan datar

Kondisi jalan yang tidak terdapatnya tanjakan pada ruas jalan tersebut dan tidak menyebabkan kendaraan kehilangan kecepatan akibat tundaan serta dapat mempertahankan kecepatan yang sama pada ruas jalan tersebut.

- Medan bukit

Kondisi jalan yang terletak di daerah, umumnya di ruas jalan tersebut terdapatnya tanjakan yang dapat mengakibatkan kendaraan mengalami kecepatan untuk melintasi ruas menyebabkan kendaraan tersebut mengalami kecepatan yang minimal.

- Medan gunung

Medan yang dimaksudkan disini adalah dimana letak dari ruas jalan tersebut terletak di daerah pegunungan dimana pada ruas jalan tersebut sudah dapat dipastikan terdapatnya tanjakan-tanjakan pada ruas jalan tersebut. Kecepatan yang relatif rendah dikarenakan kondisi medan pada ruas jalan tersebut.

d. Kondisi lalu lintas

Pada suatu ruas jalan pasti memiliki kondisi lalu lintas pada masing-masing ruas jalan. Kondisi lalu lintas yang dimaksudkan disini adalah kondisi dari arus, kecepatan, kepadatan lalu lintas pada ruas jalan tersebut. Apabila pada ruas jalan tersebut memiliki kondisi lalu lintas yang kurang memadai maka pada ruas jalan tersebut memerlukan perhatian khusus untuk ditindaklanjuti.

e. Populasi pengemudi

Untuk mengetahui karakteristik lalu lintas pada salah satu ruas jalan, sering berhubungan dengan bertambahnya arus lalu lintas pada ruas jalan tersebut dengan waktu-waktu tertentu, terkadang pada waktu-waktu tertentu jumlah arus lalu lintas pada suatu ruas jalan berkurang. Dapat disimpulkan bahwa bertambahnya atau berkurangnya suatu arus lalu lintas berhubungan dengan populasi



pengemudi yang menggunakan ruas jalan tersebut pada waktu-waktu tertentu.

f. Kondisi pengendalian lalu lintas

Kondisi pengendalian lalu lintas mempunyai pengaruh yang nyata pada kapasitas jalan, tingkat pelayanan dan arus lalu lintas. Tanpa adanya pengendalian lalu lintas yang baik pada salah satu ruas jalan maka pada ruas jalan tersebut akan mengakibatkan timbulnya permasalahan-permasalahan lalu lintas yang tidak diinginkan. Bentuk dari pengendalian lalu lintas adalah sebagai berikut :

- Lampu lalu lintas
- Rambu-rambu lalu lintas
- Marka jalan
- Peraturan-peraturan lalu lintas
- Meningkatkan tingkat disiplin pada pemakai jalan

Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas jalan pada jalan luar kota berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997 sebagai berikut :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

C = Kapasitas jalan (smp/ jam)

C<sub>o</sub> = Kapasitas dasar (smp/ jam)

FC<sub>w</sub> = Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalulintas

FC<sub>sp</sub> = Faktor penyesuaian pemisahan arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

FC<sub>sf</sub> = Faktor penyesuaian hambatan samping

Tipe jalan empat lajur dua arah meliputi semua jalan dua arah dengan lebar jalur lalu lintas lebih dari 10,5 meter dan kurang dari 16,0 meter.

Pada Jalan empat lajur dua arah terbagi menjadi 2 bagian, yaitu :

- Untuk Jalan Tak Terbagi

Cara menganalisa kapasitas pada ruas jalan tak terbagi dilakukan pada kedua arah lalu lintas pada ruas jalan tersebut.

Kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut:

- Lebar lajur 3,5 m (lebar jalur lalu lintas total 14,0 m)
- Kereb (tanpa bahu)
- Jarak antara kereb dan penghalang terdekat pada trotoar  $\geq 2$  m
- Tidak ada median
- Pemisahan arah lalu lintas 50-50
- Hambatan samping rendah
- Ukuran kota 1,0-3,0 juta
- Tipe alinyemen datar

- Untuk Jalan Terbagi

Cara menganalisa pada ruas jalan terbagi dilakukan secara terpisah pada masing-masing arah lalu lintas seolah-olah pada masing-masing arah merupakan jalan satu arah yang terpisah.

Kondisi dasar tipe jalan ini didefinisikan sebagai berikut:

- Lebar lajur 3,5 m (lebar jalur lalu lintas total 14,0 m)
- Kereb (tanpa bahu)
- Jarak antara kereb dan penghalang terdekat pada trotoar  $\geq 2$  m
- Tidak ada median
- Pemisahan arah lalu lintas 50-50
- Hambatan samping rendah
- Ukuran kota 1,0-3,0 juta
- Tipe alinyemen datar

Berikut Penjelasan dari persamaan dasar dalam menentukan kapasitas, yaitu:

- Kapasitas Dasar ( $C_0$ )

Kapasitas dasar pada suatu ruas jalan tergantung dari tipe jalan, jumlah lajur, apakah dipisah oleh pemisah jalan baik secara fisik atau tidak.

Tabel 2.7 Kapasitas dasar pada jalan luar kota 4 lajur 2 arah (4/2)

Tipe Jalan/ Tipe Alinyemen	Kapasitas dasar total kedua arah (smp/ jam lajur)
Empat Lajur Terbagi	
-Datar	1900
-Bukit	1850
-Gunung	1800
Empat lajur tak terbagi	
-Datar	1700
-Bukit	1650
-Gunung	1600

( Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997* )

Tabel 2.8 Kapasitas dasar pada jalan luar kota 2 lajur 2 arah tak terbagi

Tipe Jalan/ Tipe Alinyemen	Kapasitas dasar total kedua arah (smp/ jam lajur)
Dua lajur tak terbagi	
-Datar	3100
-Bukit	3000
-Gunung	2900

- Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Lebar Jalan

Lebar efektif pada suatu ruas jalan sangat mempengaruhi kapasitas jalan, apabila lebar jalan tersebut kecil maka didapat kapasitas yang kecil serta dengan kecilnya lebar jalan pada suatu ruas jalan maka besar kemungkinan terjadinya kemacetan yang diakibatkan oleh volume lalu lintas berlebihan dan hambatan samping yang ada pada ruas jalan tersebut.

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

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

Tabel 2.9 Faktor Penyesuaian Lebar Jalan

Tipe Jalan	Lebar Jalan Lalu Lintas Efektif ( $W_c$ ) ( m )	FCw
4 lajur terbagi Enam lajur terbagi	Per Lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
4 lajur tak terbagi	Per Lajur	Per Lajur
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
2 lajur tak terbagi	Total kedua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
11	1,27	

( Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997* )

- Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Arah Lalu Lintas

Faktor Penyesuaian kapasitas untuk pemisahan arah untuk jalan dua lajur – dua arah ( 2/2 ) dan empat lajur – dua arah ( 4/2 ).

Tabel 2.10 Faktor Penyesuaian Arah Lalu Lintas

Pemisahan Arah SP % - %		50 - 50	55 - 45	60 - 40	65 - 35	70 - 30
FC <sub>sp</sub>	Dua lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat Lajur 4/2	1,00	0,975	0,95	0,925	0,90

( Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997* )

- Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Hambatan Samping

Hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu lintas dari aktivitas samping segmen jalan, seperti pejalan kaki (bobot=0,5) kendaraan umum/ kendaraan lain berhenti (bobot=1,0), kendaraan masuk/ keluar sisi jalan (bobot=0,7) dan kendaraan lambat (bobot=0,4)

Banyak aktivitas samping jalan di Indonesia sering menimbulkan konflik, kadang-kadang besar pengaruhnya terhadap arus lalu lintas. Pengaruh konflik ini, (“hambatan samping”), diberikan perhatian utama dalam manual ini, jika dibandingkan dengan manual negara Barat. Hambatan samping yang terutama berpengaruh pada kapasitas dan kinerja jalan perkotaan adalah:

- Pejalan Kaki;
- Angkutan umum dan kendaraan lain berhenti;
- Kendaraan lambat (misalnya becak, gerobak);
- Kendaraan masuk dan keluar dari lahan di samping jalan.

Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Hambatan Samping, untuk menyederhanakan peranannya dalam prosedur perhitungan, tingkat hambatan samping telah dikelompokkan dalam lima kelas dari sangat rendah sampai

sangat tinggi sebagai fungsi dari frekuensi kejadian hambatan samping sepanjang segmen jalan yang diamati.

Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian untuk hambatan samping dan Lebar Bahu $FC_{sf}$			
		$\leq 0,5$ ( m )	1,0 ( m )	1,5 ( m )	$\geq 2,0$ ( m )
4/2 D	Sangat Rendah	0,99	1,00	1,01	1,03
	Rendah	0,96	0,97	0,99	1,01
	Sedang	0,93	0,95	0,96	0,99
	Tinggi	0,90	0,92	0,95	0,97
	Sangat Tinggi	0,88	0,90	0,93	0,96
2/2 UD 4/2 UD	Sangat Rendah	0,97	0,99	1,00	1,02
	Rendah	0,93	0,95	0,97	1,00
	Sedang	0,88	0,91	0,94	0,98
	Tinggi	0,84	0,87	0,91	0,95
	Sangat Tinggi	0,80	0,83	0,88	0,93

( Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997* )

Sedangkan untuk jalan enam lajur  $FC_{sf}$  dapat ditentukan dengan tabel 2.12 dengan menggunakan rumus :

$$FC_{6.sf} = 1 - 0,8 ( 1 - FC_{4.sf} ) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$FC_{6.sf}$ = Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk jalan enam lajur

$FC_{4.sf}$ = Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk jalan empat lajur

Untuk mendapatkan kelas hambatan samping yang ada pada ruas jalan banyaknya hambatan samping yang terjadi pada ruas jalan tersebut sesuai dengan faktor pengali yang telah ditentukan.

Tabel 2.12 Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping ( SFC)	Kode	Frekuensi Bobot	Kondisi Khusus
Sangat Rendah	VL	< 100	Daerah pemukiman hampir tidak ada kegiatan
Rendah	L	100 – 299	Pemukiman beberapa angkutan umum
Sedang	M	300 – 499	Daerah industri dengan toko dipinggir jalan
Tinggi	H	500 – 899	Aktifitas sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	VH	>900	Daerah niaga dengan aktifitas pasar yang sangat tinggi

( Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997* )

Pada ruas jalan terdapat berbagai macam hambatan samping, dimana masing–masing hambatan samping tersebut memiliki faktor bobot yang telah ditetapkan di Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) sebagai faktor pengali besarnya jumlah hambatan samping pada ruas jalan tersebut.

Tabel 2.13 Faktor Bobot Hambatan Samping

Tipe Kejadian Hambatan Samping	Simbol	Faktor Bobot
Pejalan Kaki	PED	0,50
Parkir Kendaraan Berhenti	PSV	1,00
Kendaraan Masuk dan Keluar	EEV	0,70
Kendaraan Lambat	SMV	0,40

( Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997* )

Faktor penyesuaian ukuran kota tergantung dari banyaknya jumlah penduduk pada kota tersebut.

Tabel 2.14 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Ukuran Kota ( Juta Penduduk )	Faktor
< 0,10	0,90
0,10 - 0,50	0,93
0,50 – 1,00	0,95
1,00 – 3,00	1,00
>3,00	1,03

( Sumber : *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997* )

## 8. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai factor utama dalam penentuan kinerja simpang dan bagian jalan. Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah pada bagian jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

Rumus Umumnya

$$DS = \frac{Q}{C} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

DS = Derajat Kejenuhan

Q = Arus rata-rata kendaraan (smp/ jam)

S = Kapasitas



Derajat kejenuhan dihitung dengan cara membandingkan antara arus dan kapasitas pada ruas jalan yang dinyatakan dalam smp/ jam. Derajat kejenuhan digunakan untuk perilaku lalu lintas pada suatu ruas jalan.

#### 9. Daerah Penguasaan Jalan

Dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

##### 1. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)

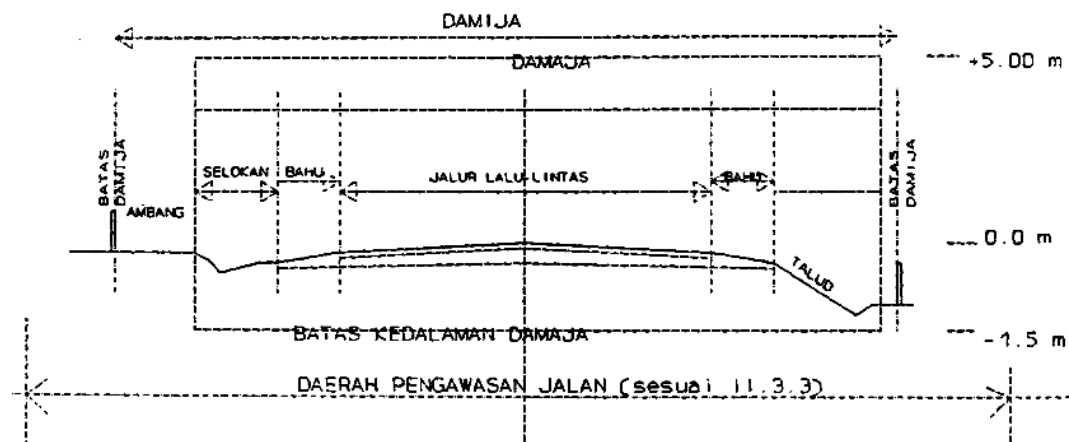
- a) Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan,
- b) Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan,
- c) Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan.

##### 2. Daerah Milik Jalan

Ruang Daerah Milik Jalan (DAMIJA) dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1.5 meter.

##### 3. Daerah Pengawasan Jalan

- a) Ruang Daerah Pengawasan Jalan (Dawasja) adalah ruang sepanjang jalan di luar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sebagai berikut :
  - jalan Arteri minimum 20 meter,
  - jalan Kolektor minimum 15 meter,
  - jalan Lokal minimum 10 meter.
- b) Untuk keselamatan pemakai jalan, Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas.



Gambar 2.1 Damaja, Damija dan Dawasja di lingkungan jalan antar kota

## 2.2 Ketentuan – Ketentuan Perencanaan Geometrik Jalan

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997. Ketentuan – ketentuan dasar ini merupakan syarat batas sehingga penggunaannya harus dibatasi sedikit mungkin hingga dapat menghasilkan jalan yang optimal.

### 2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsinya

- Jalan Arteri  
Adalah Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri – ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata – rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- Jalan Kolektor  
Adalah Jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri – ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- Jalan Lokal  
Adalah Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri – ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

### 2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Geometrik Jalan Raya (PPGJR) No.13/1970 dapat di klasifikasikan pada tabel 2.15 dibawah ini.

Tabel 2.15 Klasifikasi Kelas Jalan

<b>Klasifikasi Fungsi</b>	<b>Kelas</b>	<b>LHR Dalam smp</b>
Utama	I	> 20.000
Sekunder	II A	6.000 – 20.000
	II B	1.500 – 8.000
	II C	< 2.000
Penghubung	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

#### Kelas I :

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam kondisi lalu lintasnya tak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas jalan ini merupakan jalan-jalan raya yang berlajur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan dalam pelayanan lalu lintas.

#### Kelas II :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi ke dalam tiga kelas, yaitu : II A, II B dan II C.

#### Kelas II A

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari sejenis aspal beton (*hot mix*) atau yang setaraf, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan tidak bermotor. Untuk lalu lintas lambat disediakan jalur tersendiri.

### Kelas II B

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tanpa kendaraan tidak bermotor.

### Kelas II C

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi tunggal dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor.

### Kelas III :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah peleburan dengan aspal.

### 2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan yang diukur berdasarkan garis kontur.

Tabel 2.16 Klasifikasi Golongan Medan

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

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

#### **2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Wewenang Pembinaan Jalan**

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997.

- **Jalan Nasional :**  
Yaitu jalan yang menghubungkan ibukota – ibukota provinsi. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah pusat.
- **Jalan Provinsi :**  
Yaitu jalan yang menghubungkan kota dalam satu propinsi. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah Propinsi.
- **Jalan Kabupaten / Kotamadya :**  
Yaitu jalan yang meliputi kabupaten ataupun kotamadya. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah kabupaten.
- **Jalan Desa :**  
Jalan yang menghubungkan lingkungan desa. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah desa.
- **Jalan Khusus :**  
Yaitu jalan yang dibangun oleh suatu instansi, badan hukum ataupun perorangan untuk kepentingan masing- masing. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh suatu instansi, badan hukum ataupun perorangan yang terkait.

### **2.3 Alinyemen Horizontal**

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

Desain alinyemen horisontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan tipe dan kelas jalan. Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu bagian lurus dan

bagian lengkung. Umumnya disebut tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan.

Tikungan yang digunakan yaitu :

1. Full Circle (FC).
2. Spiral Circle Spiral (S-C-S).
3. Spiral-Spiral (S-S).

### 2.3.1 Bagian Jalan Lurus Maksimum

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai  $V_r$ ).

Tabel 2.17 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3000	2500	2000
kolektor	2000	1750	1500

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

### 2.3.2 Tikungan dengan Jari – jari Minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan ( $V$ ) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil gaya sentrifugal ini dapat diimbangi dengan gaya yang berasal dari :

1. Komponen berat kendaraan akibat kemiringan melintang permukaan jalan.
2. Gesekan samping antara ban kendaraan dengan permukaan jalan.

Tabel 2.18 Panjang Jari – jari Minimum

$V_r$ (km/Jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari – jari minimum (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

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

Tabel 2.19 Panjang Jari- jari Minimum  
yang tidak memerlukan Lengkung Peralihan

Vr (km/Jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari – jari minimum (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

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

Harus diingat bahwa jari – jari diatas bukanlah jari – jari diinginkan tetapi adalah nilai kritis untuk keamanan dan kenyamanan pengemudi, perlu di usahakan jari – jari lengkung dibuat lebih besar dalam setiap perencanaan. (Shirley, 2000)

### 2.3.3 Lengkung Penuh / *Full Circle*

Jenis tikungan ini biasanya digunakan pada jalan yang tikungannya berjari-jari besar serta dengan sudut tangen yang relatif kecil. Adapun batasan yang dipakai di Indonesia dimana diperbolehkan bentuk *circle* adalah sebagai berikut.

Untuk tikungan yang jari-jari lebih kecil dari harga diatas, maka bentuk tikungan yang dipakai adalah *spiral-circle-spiral*.

Disamping ketentuan jari-jari lengkung minimum diatas ada ketentuan lain yang harus kita penuhi, yaitu :

$$L_c = \frac{\Delta}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \dots \dots \dots (2.4)$$

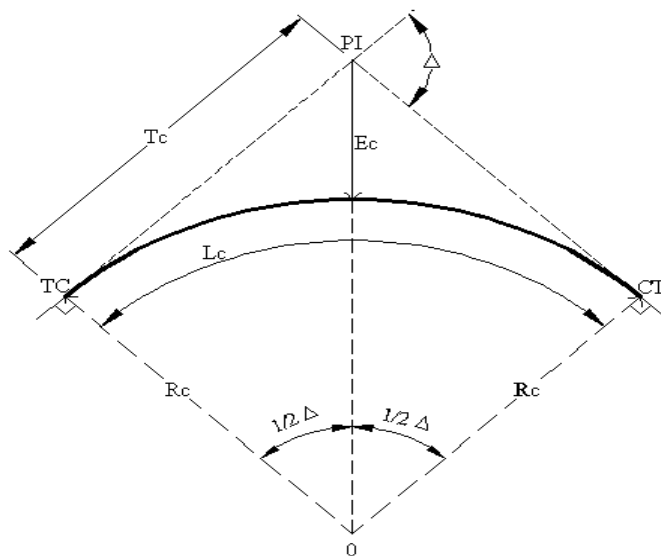
$$T_s = R \cdot \text{Tg} \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots (2.5)$$

$$E_s = T \cdot \text{Tg} \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots (2.6)$$

$$E = R (\text{Sec} \frac{1}{2} \Delta - 1) \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :  $\Delta$  = Sudut tikungan atau sudut tangent (derajat)  
 $T_s$  = Jarak Tc dan PI (m)  
 $R$  = Jari-jari (m)  
 $L_c$  = Panjang tikungan (m)  
 $E_s$  = Jarak P1 ke lengkungan peralihan (m)

Bentuk tikungan Full Circle dapat dilihat pada gambar



Gambar 2.2 Tikungan Full Circle

Keterangan :

$\Delta$  = Sudut tikungan atau sudut tangent (derajat)  
 $T_s$  = Jarak Tc dan PI (m)  
 $R$  = Jari-jari (m)  
 $L_c$  = Panjang tikungan (m)  
 $E_s$  = Jarak P1 ke lengkungan peralihan (m)

#### 2.3.4 Lengkung *Spiral-Circle-Spiral*

Adalah tikungan yang memiliki lengkung peralihan antara jalan lurus dengan busur lingkaran mempunyai lengkung peralihan antara jalan lurus dengan busur lingkaran.



Adapun 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, yaitu :

- a) Kemiringan maksimum jalan antar kota = 0,10
- b) Kemiringan maksimum jalan dalam kota = 0,08

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

- a) Kemiringan tikungan maksimum
- b) Koefesien gesekan melintang maksimum

Rumus-rumus yang berlaku dalam perencanaan tikungan Spiral-Circle-Spiral ini adalah :

$$Ts = (R + P)Tg.\frac{1}{2}\Delta + K \dots\dots\dots (2.8)$$

$$Es = \frac{(R + P)}{\text{Cos}1/2\Delta} - R \dots\dots\dots (2.9)$$

$$L = L' + 2.Ls \dots\dots\dots (2.10)$$

$$L = \frac{\Delta}{360}.2.\pi.R \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\Delta = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots (2.12)$$

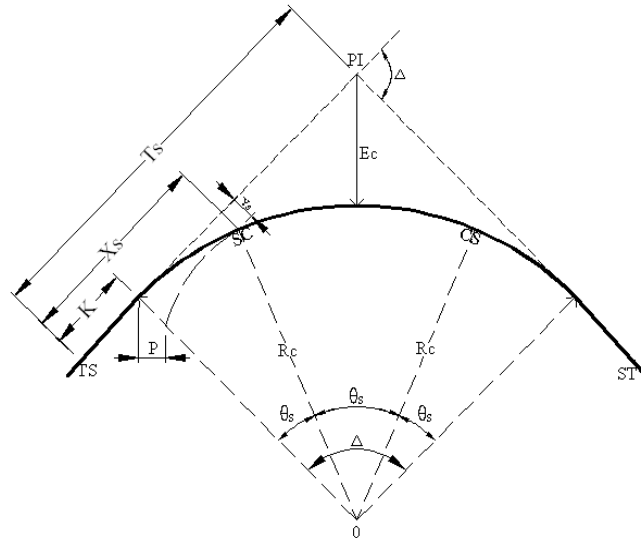
Kontrol :

$$L' > 20\text{m}$$

$$L > 2.Ts$$

Jika  $L' < 20 \text{ m}$ , gunakan jenis tikungan *Full Spiral*.

Bentuk tikungan Spiral circle Spiral dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tikungan Spiral circle Spiral

Keterangan :

$X_s$  = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dan 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)

$T_s$  = Panjang tangen (dan titik PI ke TS atau ke ST)

TS = Titik dari tangen ke spiral

SC = Titik dari spiral ke lingkaran

$E_s$  = Jarak dari PI ke lingkaran (m)

$R$  = Jari-jari lingkaran (m)

$p$  = Pergeseran tangen terhadap spiral(derajat)

$k$  = Absis dari  $p$  pada garis tangen spiral(derajat)

$\Delta$  = Sudut tikungan atau sudut tangen(derajat)

$\theta_s$  = Sudut lengkung spiral(derajat)

### 2.3.5 Lengkung *Spiral – Spiral*

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

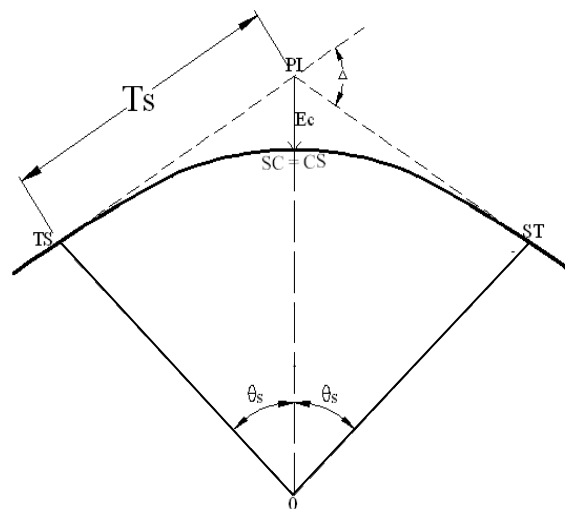
$$L_s = \frac{\theta_s}{28,648} \cdot R \dots\dots\dots (2.13)$$

$$T_s = (R+P) \cdot \text{Tg.} 1/2 \Delta + K \dots\dots\dots (2.14)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\text{Cos} 1/2 \Delta} - R \dots\dots\dots (2.15)$$

$$L = 2 \cdot L_s \dots\dots\dots (2.16)$$

Bentuk tikungan *Spiral-Spiral* dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Tikungan *Spiral-Spiral*

Keterangan :

- Es = Jarak dan PI ke busur lingkaran(m)
- Ts = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST(m)
- TS = Titik dari tangen ke spiral
- SC = Titik dari spiral ke lingkaran
- Rc = Jari-jari lingkaran(m)

### 2.3.6 Kemiringan Melintang (e)

Menurut Silvia Sukirman, 1999, Dasar – dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Hal 72, Jari – jari tikungan ( $R_{min}$ ) ditentukan dengan nilai superelevasi maksimum sedangkan faktor yang mempengaruhi keadaan seperti :

- a) Keadaan cuaca
- b) Jalan yang berada di daerah yang sering hujan.
- c) Keadaan medan seperti datar, berbukit atau pegunungan

Untuk jari – jari lengkung yang besarnya antara dua nilai ekstrem tersebut diatas pada kecepatan rencana tertentu, besarnya superelevasi harus ditetapkan sedemikian rupa dengan maksud dapat didistribusikan secara logis antara faktor gesekan melintang dan superelevasi. Karena pertimbangan faktor drainase, maka untuk jalan lurus diperlukan lereng  $e = 2\%$  dapat dipertahankan pada tikungan tertentu seperti tikungan yang tumpu. Ini termasuk pada jari – jari tikungan serta kecepatan rencana yang di tetapkan (Shirley ,2000)

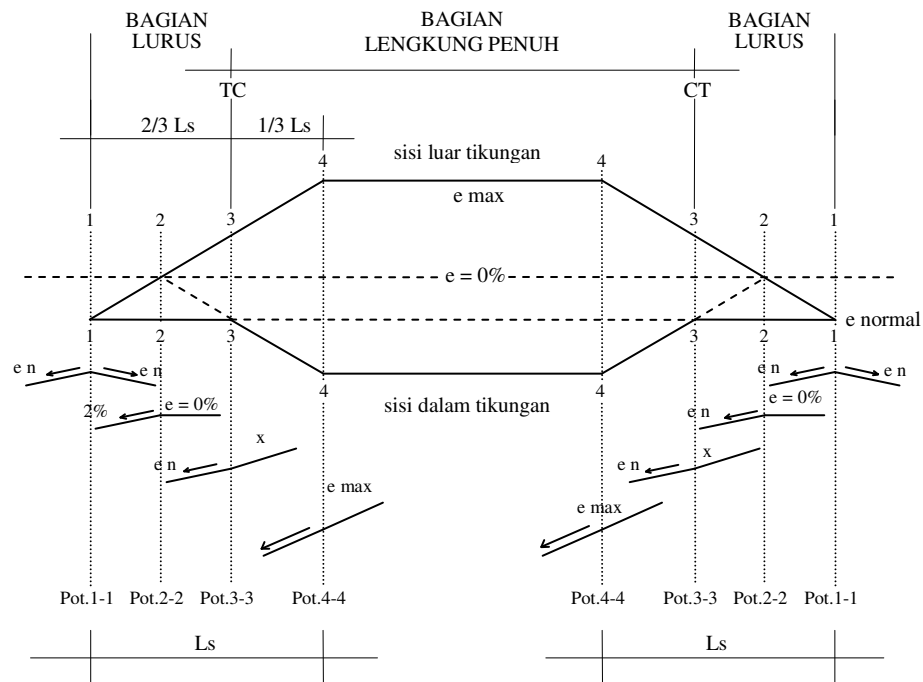
### 2.3.7 Superelevasi

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan  $V$ , dan Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%.

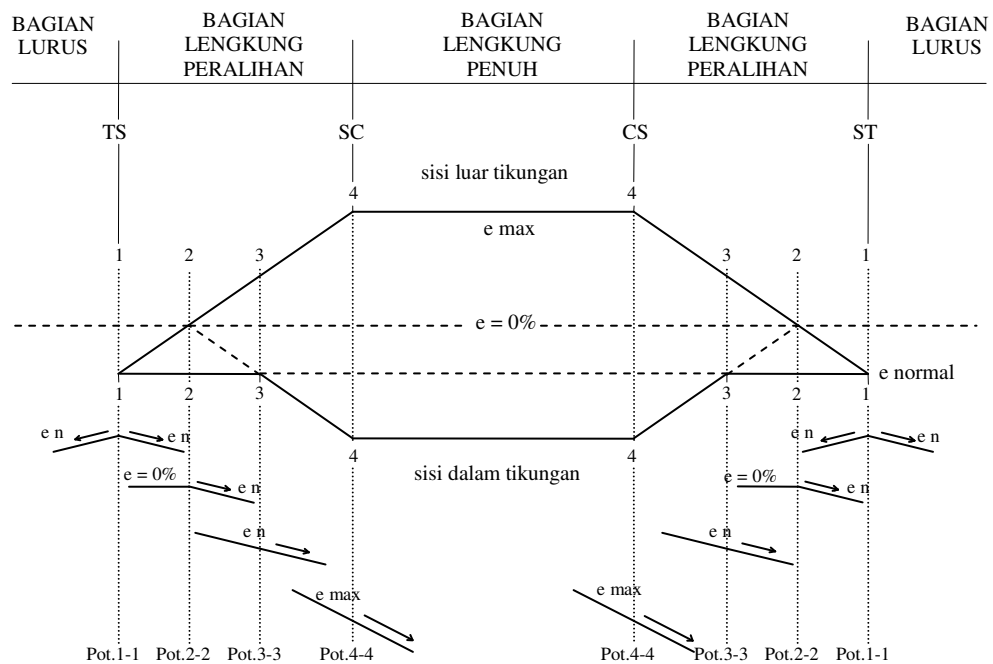
Pencapaian Superelevasi

- a) Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- b) Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).

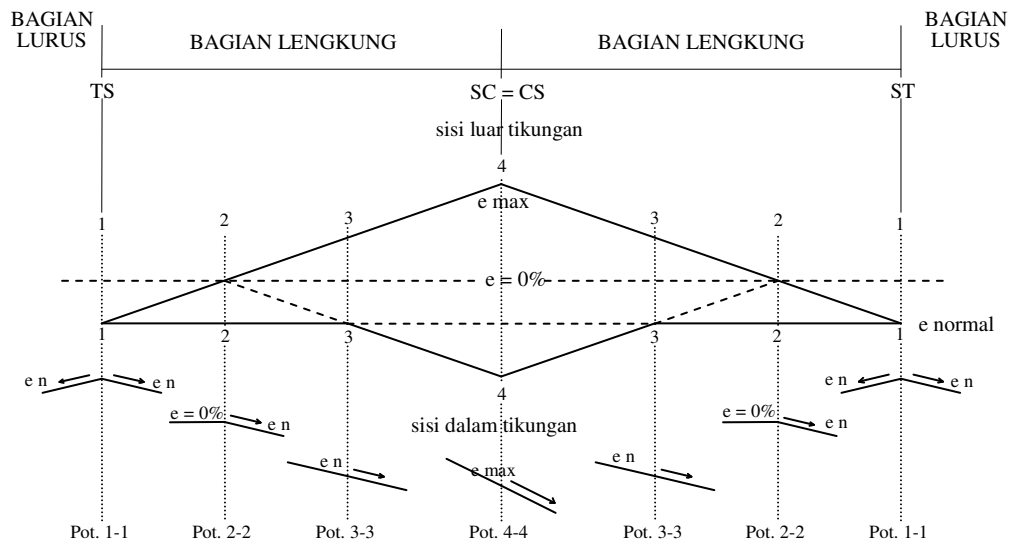
c) Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear  
Berikut gambar 3 macam bentuk super elevasi pada masing- masing tikungan :



Gambar 2.5 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan FC



Gambar 2.6 Metode Pencapaian Superelevasi pada Tikungan SCS



Gambar 2.7 Metode Pencapaian Superelevasi pada Tikungan SS

### 2.3.8 Jarak Pandang

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997 Hal 20, 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 dan jarak pandang menyiap.

#### 1. Jarak Pandang Henti (Jh)

Dalam Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997. 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 Jh. Jh terdiri atas dua elemen jarak yaitu :

##### a) Jarak tanggap (Jht)

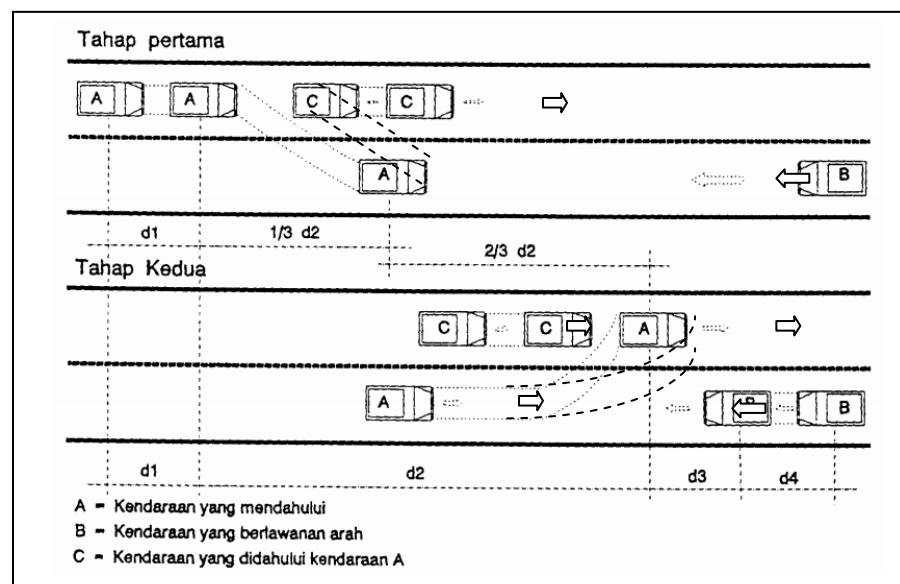
adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

b) Jarak Pengereman (Jhr)

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

## 2. Jarak Pandang Mendahului

Adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.



Gambar 2.8 Jarak Pandang Mendahului

### 2.3.9 Stasioning

Menurut Silvia Sukirman, 1999, Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberi nomor pada interval-interval tertentu dari awal sampai akhir proyek. Nomor jalan (STA) jalan dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangent pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

- a) Setiap 100 m, untuk daerah datar
- b) Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- c) Setiap 25 m, untuk daerah gunung

## **2.4 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 keadaan muka tanah asli, sehingga memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh (untuk itu truk digunakan sebagai kendaraan standard). Alinyemen vertikal sangat erat hubungannya dengan biaya konstruksi jalan, biaya penggunaan kendaraan dan jumlah lalu lintas (Sukirman,1999)

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan alinyemen vertikal :

- a) Landai maksimum
- b) Panjang landai kritis
- c) Lengkung vertikal

### **2.4.1 Landai Maksimum**

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997:

- a) Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti.
- b) Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.
- c) Kelandaian maksimum untuk berbagai  $V_r$ .



Tabel 2.20 Landai Maksimum

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

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

### 2.4.2 Panjang Landai Kritis

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

Tabel 2.21 Panjang Landai Kritis

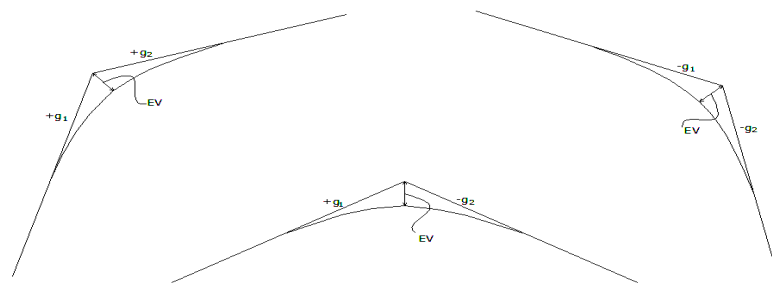
Kecepatan pada awal tanjakan (km/jam)	Kelandaian(%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

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

### 2.4.3 Lengkung Vertikal

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

#### a) Lengkung Vertikal Cembung



Gambar 2.9 Lengkung Vertikal Cembung

Keterangan :

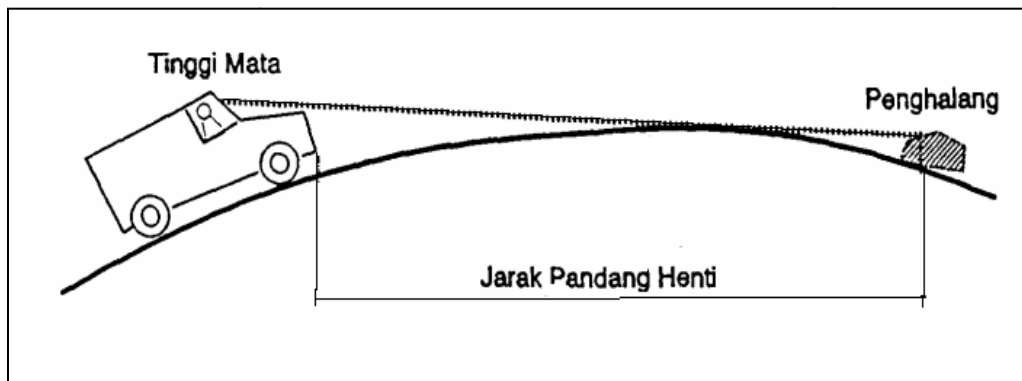
$g_1$  dan  $g_2$  = besarnya kelandaian ( % )

tanda ( + ) = pendakian

tanda ( - ) = penurunan

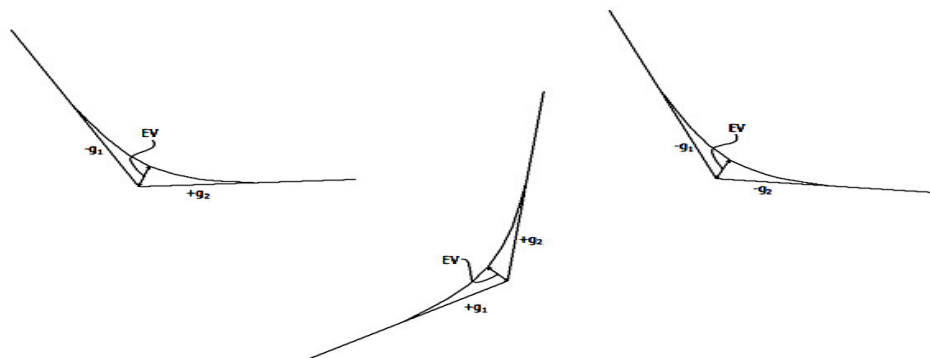
Ev = pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

PPV = titik perpotongan vertikal



Gambar 2.10 Lengkung Vertikal Cembung

a) Lengkung Vertikal Cekung



Gambar 2.11 Lengkung Vertikal Cekung

Keterangan :

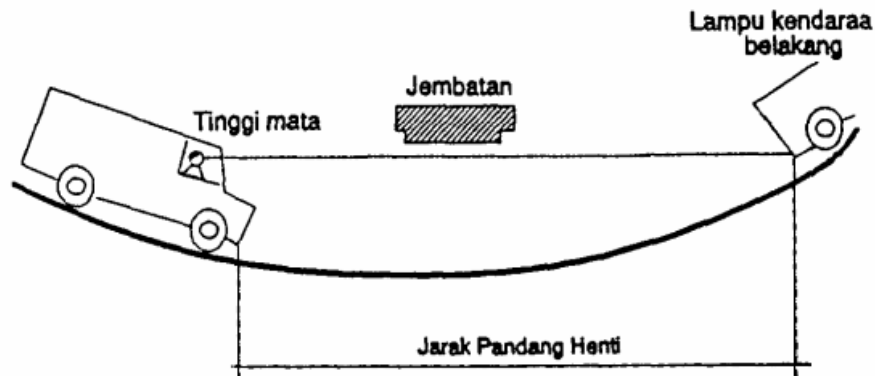
$g_1$  dan  $g_2$  = besarnya kelandaian ( % )

tanda ( + ) = pendakian

tanda ( - ) = penurunan

Ev = pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

PPV = titik perpotongan vertikal



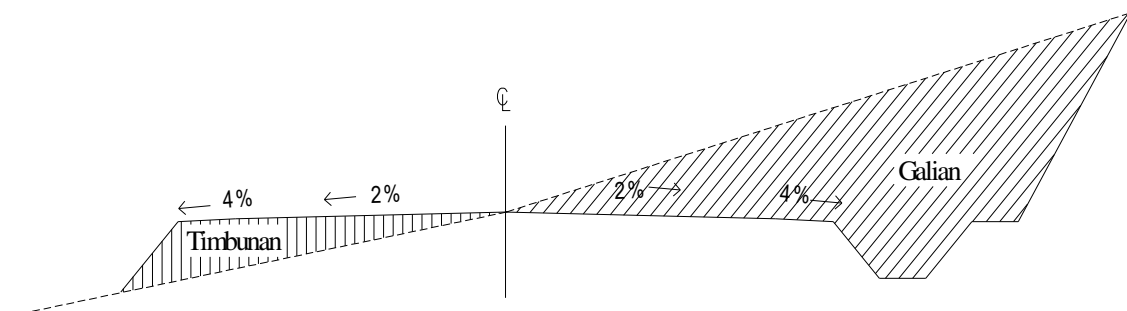
Gambar 2.12 Lengkung Vertikal Cekung

## 2.5 Perhitungan Galian dan Timbunan

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 :

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



Gambar 2.13 Galian dan Timbunan

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

Tabel 2.22 Perhitungan Galian dan Timbunan

Sta	Luas (m <sup>2</sup> )		Jarak (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A	A	L	$\frac{A+B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
0+100	B	B			
JUMLAH				$\sum C, \dots, N$	$\sum C, \dots, N$

(Sumber : Hendra Suryadharma, 1999)

## 2.6 Perencanaan Tebal Perkerasan

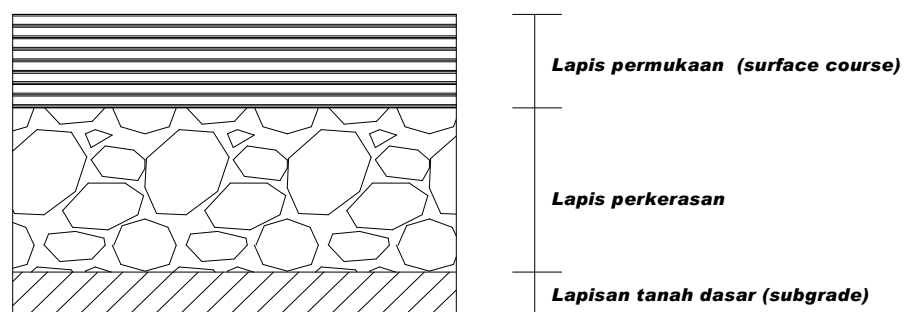
Perkerasan jalan adalah suatu bagian konstruksi jalan yang terletak diatas tanah dasar yang bertujuan untuk melewati lalu lintas dengan aman dan nyaman serta menerima dan meneruskan beban lalu lintas ke tanah dasar.

### 2.6.1 Jenis Perkerasan

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

#### a. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

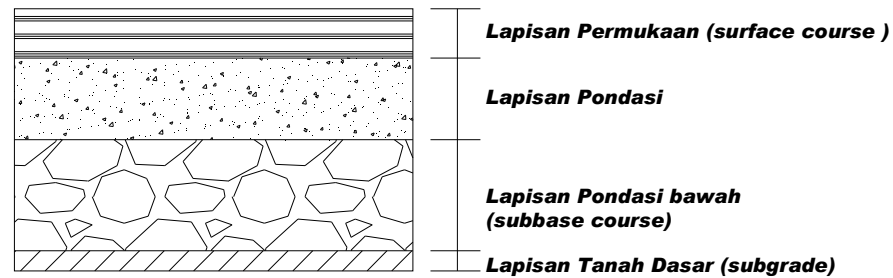
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang atau bahan-bahan yang bersifat kaku. Perkerasan kaku ini menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan di letakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas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



Gambar 2.14 Perkerasan Kaku

b. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku atau lentur. Pada perkerasan kaku membutuhkan biaya awal yang tinggi tetapi biaya perawatannya kecil, sedang untuk perkerasan lentur sebaliknya.



Gambar 2.15 Perkerasan Lentur

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

c. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composit flexible*)

Konstruksi perkerasan komposit yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dimana letak lapisan perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau lapisan perkerasan kaku berada diatas lapisan lentur.

### 2.6.2 Umur Rencana

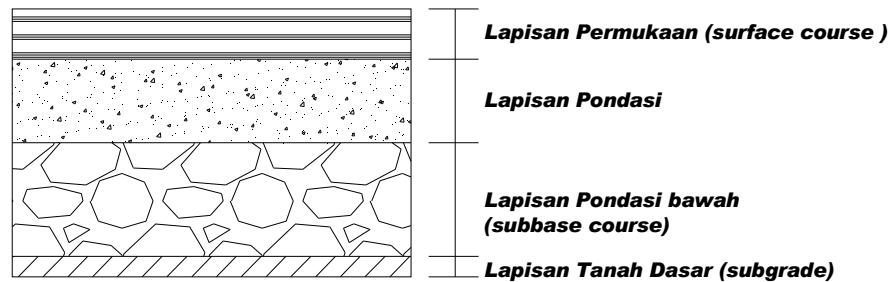
Umur rencana adalah jangka waktu sejak jalan raya tersebut dibuka sampai hingga saat diperlukan perbaikan atau telah dianggap perlu untuk memberi lapisan perkerasan baru.

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

## 2.6.3 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

### 2.6.3.1 Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan diatas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan. Konstruksi perkerasan terdiri dari:



Gambar 2.16 Lapisan Perkerasan Lentur

#### a). Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan merupakan lapisan yang terletak paling atas dari suatu perkerasan yang biasanya terdiri dari lapisan bitumen sebagai penutup lapisan permukaan. Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

1. Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan – lapisan tersebut.
3. Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
4. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah.

Untuk memenuhi fungsi diatas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

**b). Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)**

Lapisan pondasi atas merupakan lapisan utama dalam yang menyebarkan beban badan, perkerasan umumnya terdiri dari batu pecah (kerikil) atau tanah berkerikil yang tercantum dengan batuan pasir dan pasir lempung dengan stabilitas semen, kapur dan bitumen. Adapun fungsi dari lapisan pondasi atas adalah :

1. Sebagai perletakan terhadap lapisan permukaan.
2. Melindungi lapisan dibawahnya dari pengaruh luar.
3. Untuk menerima beban terusan dari lapisan permukaan.
4. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

**c). Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)**

Lapisan pondasi bawah merupakan lapisan kedua dalam yang menyebarkan beban yang diperoleh dari lapisan yang diatas seperti kerikil alam (tanpa proses). Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

1. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
2. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan – lapisan diatasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
3. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
4. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

**d). Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)**

Tanah dasar (*subgrade*) adalah merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar ini. Tanah dasar ini dapat terbentuk dari tanah asli yang dipadatkan (pada daerah galian) ataupun tanah timbun yang dipadatkan (pada daerah urugan).

Mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri serta kemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing-masing tanah tergantung dari tekstur, kadar air dan kondisi lingkungan.

### 2.6.3.2 Perencanaan Tebal Perkerasan

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai Negara untuk merencanakan tebal perkerasan. Metode tersebut kemudian secara spesifik diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan yang dilakukan oleh negara yang bersangkutan. Beberapa standar yang telah dikenal adalah :

- a). Metode AASHTO, Amerika Serikat  
Yang secara terus menerus mengalami perubahan sesuai dengan penelitian yang telah diperoleh. Perubahan terakhir dilakukan pada edisi 1986 yang dapat dibaca pada buku “AASHTO – *Guide For Design of Pavement Structure, 1986*”.
- b). Metode NAASRA, Australia  
Yang dapat dibaca “*Interin Guide to Pavement Thicknexe Design*”.
- c). Metode Road Note 29 dan Road Note 21  
*Road Note 29* diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di Inggris, sedangkan *Road Note 31* diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di negara-negara beriklim subtropis dan tropis.
- d). Metode Asphalt Institute  
Yang dapat dibaca pada *Thickness Design Asphalt Pavement for Highways and streets, MS-1*.
- e). Metode Bina Marga, Indonesia  
Yang merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1981. Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan



jalan raya dengan metode analisa komponen, SKBI-2.3.26.1987 UDC : 625.73(02).

### 2.6.3.3 Tahapan dalam Mendesain Tebal perkerasan

Adapun tahapan-tahapan tersebut antara lain :

- a). Menentukan nilai LHR setiap jenis kendaraan pada awal dan akhir umur rencana.

$$LHR_n = LHR(1+i)^n \dots\dots\dots 2.17$$

Dimana : n = umur rencana jalan

i = angka pertumbuhan lalu lintas, (%).

- b). Menghitung Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP).

$$LEP = \sum_{mp}^{tr} LHR(1+i)^n \cdot C \cdot E \dots\dots\dots 2.18$$

Dimana: C = koefisien distribusi kendaraan

E = angka ekuivalen setiap kendaraan

Untuk menentukan koefisien distribusi kendaraan (C) yang lewat pada jalur rencana dapat ditentukan pada tabel 2.23.

Tabel 2.23  
Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Jalur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 jalur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 jalur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 jalur	-	0,30	-	0,45
5 jalur	-	0,25	-	0,425
6 jalur	-	0,20	-	0,40

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Catatan :\*) Berat total < 5 ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

\*\*\*) Berat total ≥ 5 ton, misalnya : bus, truk, traktor, semi trailer, trailer

c). Menghitung Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

$$LEA = \sum_{mp}^{tr} LHR (1 + i)^n \cdot C \cdot E \dots\dots\dots 2.19$$

Dimana : C = koefisien distribusi kendaraan

E = angka ekivalen setiap kendaraan

d). Menghitung Lintas Ekivalen Tengah (LET)

$$LET = \frac{1}{2} (LEP + LEA) \dots\dots\dots 2.20$$

e). Menghitung lintas ekivalen rencana (LER)

$$LER = LET \cdot \frac{UR}{10} \dots\dots\dots 2.21$$

f). Mencari indeks tebal permukaan (ITP)

Nilai ITP diperoleh dari grafik berdasarkan data CBR, LER, IP, IPo, dan FR. Dalam penentuan tebal perkerasan, Faktor Regional (FR) hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan yang berhenti, serta iklim (curah hujan). Untuk menentukan nilai FR dapat dilihat pada tabel 2.24.

Tabel 2.24  
Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I		Kelandaian II		Kelandaian III	
	(< 6 %)		(6 - 10 %)		(> 10 %)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %
Iklm I < 900 mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklm II > 900 mm/th	1,5	2,0 - 2,5	2,0	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993

Catatan : Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah 1,0

Indeks permukaan ini menyatakan nilai dari pada kerataan atau kehalusan serta kekokohan permukaan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut dibawah ini :

IP = 0 menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

IP = 1,5 adalah tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).

IP = 2,0 adalah tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap.

IP = 2,5 menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik

Dalam menentukan indeks permukaan pada akhir umur rencana (IP) dapat dilihat pada tabel 2.25, sedangkan untuk menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) dapat dilihat pada tabel 2.26.

Tabel 2.25  
Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 - 1,5	1,5	1,5 - 2,0	-
10 - 100	1,5	1,5 - 2,0	2,0	-
100 - 1000	1,5 - 2,0	2,0	2,0 - 2,5	-
> 1000	-	2,0 - 2,5	2,5	2,5

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Catatan : Pada proyek-proyek penunjang jalan, JAPAT / Jalan Murah, atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0.

Tabel 2.26  
Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	IPo	Roughness (mm/km)
LASTON	$\geq 4$	$\leq 1000$
	3,9 - 3,5	$> 1000$
LASBUTAG	3,9 - 3,5	$\leq 2000$
	3,4 - 3,0	$> 2000$
HRA	3,9 - 3,5	$\leq 2000$
	3,4 - 3,0	$> 2000$
BURDA	3,9 - 3,5	$< 2000$
BURTU	3,4 - 3,0	$< 2000$
LAPEN	3,4 - 3,0	$\leq 3000$
	2,9 - 2,5	$> 3000$
LATASBUM	2,9 - 2,5	
BURAS	2,9 - 2,5	
LATASIR	2,9 - 2,5	
JALAN TANAH	$\leq 24$	
JALAN KERIKIL	$\leq 24$	

( Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

g). Menetapkan tebal perkerasan

$$ITP = (a_1 \cdot D_1) + (a_2 \cdot D_2) + (a_3 \cdot D_3) \dots\dots\dots 2.22$$

Dimana :

a = koefisien kekuatan relative bahan perkerasan

D = tebal masing-masing perkerasan (cm)

Untuk menentukan tebal masing-masing lapis perkerasan dapat menggunakan tabel 2.27, sedangkan koefisien kekuatan relatif masing-masing bahan ditunjukkan pada tabel 2.28.

Tabel 2.27  
Tebal Minimum Tiap Lapisan (cm)

ITP	Tebal Minimum	Bahan
<b>Lapis Permukaan</b>		
< 3,00	5	Lapis pelindung: (Buras/Burtu/Burda)
3,00 - 6,70	5	Lapen/Aspal macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 - 7,49	7,5	Lapen/Aspal macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 - 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston
<b>Lapis Pondasi Atas</b>		
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 - 7,49	20 *)	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
	10	Laston Atas
7,50 - 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston Atas
10 - 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston atas
	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas
<b>Lapis Pondasi Bawah</b>		
Untuk setiap nilai ITP, tebal minimum adalah 10 cm		

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Catatan = \*) Batas 20 cm dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk lapis pondasi bawah digunakan material berbutir kasar

Tabel 2.28  
Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40			744			Laston
0,35			590			
0,32			454			
0,30			340			
0,35			744			Asbuton/Lasbutag
0,31			590			
0,28			454			
0,26			340			
0,30			340			<i>Hot Rolled Asphalt</i>
0,26			340			Aspal Macadam
0,25						Lapen ( mekanis )
0,20						Lapen ( manual )
			590			Laston Atas
	0,28		454			
	0,26		340			
	0,24					
	0,23					Lapen ( mekanis )
	0,19					Lapen ( manual )
	0,15			22		Stab. tanah dengan semen
	0,13			18		
	0,15			22		Stabilitas tanah dengan kapur
	0,13			18		
	0,14				100	Pondasi macadam ( basah )
	0,12				60	Pondasi macadam ( kering )
	0,14				100	Batu pecah ( kelas A )
	0,13				80	Batu pecah ( kelas B )
	0,12				60	Batu pecah ( kelas C )
		0,13			70	Sirtu/pitrun ( kelas A )
		0,12			50	Sirtu/pitrun ( kelas B )
		0,11			30	Sirtu/pitrun ( kelas C )
		0,10			20	Tanah/Lempung kepasiran

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Catatan : Kuat tekan stabilisasi tanah dengan semen diperiksa pada hari ke-7

Kuat tekan stabilisasi tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke-21

## 2.7 Material Perkerasan Lentur

### 2.7.1. Pengertian Aspal

Aspal ialah bahan hidro karbon yang bersifat melekat (*adhesive*), berwarna hitam kecoklatan, tahan terhadap air, dan visioelastis. Aspal sering juga disebut bitumen merupakan bahan pengikat pada campuran beraspal yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan lapis perkerasan lentur. Aspal berasal dari aspal alam (aspal buton} atau aspal minyak (aspal yang berasal dari minyak bumi). Berdasarkan konsistensinya, aspal dapat diklasifikasikan menjadi aspal padat, dan aspal cair.

Aspal termasuk bahan yang thermoplastik dimana konsistensinya akan berubah apabila temperatur berubah, sehingga sifat aspal akan berpengaruh terhadap karakteristik campuran.

#### 2.7.1.1. Jenis-jenis dari aspal

- Aspal alam adalah aspal yang didapat di alam, pemakainnya dapat langsung, atau diolah terlebih dahulu Contoh : Aspal Buton, aspal Trinidad. Aspal alam terbesar di dunia terdapat di Trinidad, berupa aspal danau (Trinidad Lake Aspalt).
- Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis asphaltic base crude oil yang banyak mengandung aspal, parafin base crude oil yang banyak mengandung paraffin, atau mixed base crude oil yang mengandung campuran antara paraffin dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis asphaltic base crude oil.
- Aspal keras (*asphalt cement*) adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan
- Aspal cair (*cutback asphalt*) yaitu aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang
- Aspal emulsi adalah campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur Aspal keras adalah aspal semen (AC) yang cara pencairannya dengan cara dipanaskan sampai suhu tertentu.

Pemanasan yang terlalu tinggi akan menyebabkan sebagian senyawa hidrokarbon terbakar sehingga sifat rekatannya tidak optimum lagi. Merupakan aspal yang paling banyak dipakai dalam pekerjaan jalan. Secara garis besar aspal tersusun dari padatan yang keras tetapi bersifat sebagai perekat yang disebut asfaltene, serta larutan yang disebut maltene.

Maltene umumnya tersusun dari senyawa sebagai berikut :

- Basa nitrogen (N) yang bersifat mendispersikan asfaltene.
- Accidafin satu A1 yang bersifat melarutkan asfaltene.
- Accidafin dua A2 dengan sifat sama tetapi tidak sejenak accidafin satu.

Parafin (P) berupa gel yang melapisi butiran aspal Karena itu, sifat rekatan aspal akan maksimum jika komposisi maltene dalam aspal memenuhi aspek '*maltene distribution ratio*' (MDR) *The Asphalt Institute* dan Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 membedakan agregat menjadi :

- Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan nomor 8 (= 2,36 mm).
- Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan nomor 8 (= 2,36 mm).
- Bahan pengisi (filler), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan nomor 30 (= 0,60 mm).

### 2.7.1.2 Sifat-sifat Aspal

#### 1. Sifat Kimia

Aspal merupakan suatu campuran antara terutama bitumen, serta bahan mineral lainnya, sehingga sifat yang paling menentukan didalam aspal adalah terutama sifat bitumennya itu. Aspal merupakan suatu campuran kolloid, dimana butir-butir yang merupakan bagian yang padat disebut Asphaltene yang berada didalam masa cair yang disebut maltene.

Maltene itu sendiri terdiri dari senyawa-senyawa basa nitrogen, Acidaffin satu, Acidaffin dua dan Parrafin. Senyawa basa nitrogen



merupakan jenis dasar (resin) yang reaktif sehingga dapat mendispersikan asphaltene.

Parrafin merupakan senyawa hydrokarbon jenuh, yang berfungsi sebagai penyebab terjadinya semacam gel bagi aspal.

Senyawa-senyawa pembentuk asphaltene dan maltene, terutama juga merupakan senyawa aromatis (dengan rantai melingkar) dari naphtha, tercampur alkana.

Jadi dengan kata lain, dapat juga dimengerti bahwa aspal merupakan suatu bahan terbentuk dari senyawa hydrocarbon yang berbentuk suspensi colloidal dari Asphaltene didalam media minyak, dimana mengandung senyawa damar yang menengah terjadinya penggumpalan dari asphaltene itu sendiri.

Maka sifat- sifat dari bahan campuran yang ada didalam aspal atau bitumen itu adalah :

- Asphaltene merupakan bahan utama memiliki sifat kekerasan.
- Damar (resin) menyebabkan adanya sifat lekat serta liat (ductile).
- Minyak menyebabkan sifat plastis sampai cair, sehingga aspal atau bitumen memiliki sifat viskositet dan kelembekan.

## 2. Sifat Fisis

Sifat fisis aspal yang terutama untuk dipakai dalam konstruksi jalan ialah :

### a. Kepekatan (konsistensi)

Peranan kepekatan/konsistensi bahan-bahan aspal, untuk memilih dan memakainya, ada dua hal:

- Pertimbangan terhadap sifat kepekaan untuk suhu yang tertentu, yang akan membagi-bagi, berapa macam bahan.
- Pengaruh suhu terhadap konsistensi.

Karena hal yang kedua tersebut diatas ini, lebih ada pengertian yang sama serta penting hubungannya dengan sifat konsistensi, maka hal ini akan dibicarakan terlebih dahulu.

**b. Ketahanan lama, atau ketahanan terhadap pelapukan, oleh cuaca.**

Agar suatu bahan perekat aspal memuaskan sifatnya sebagai perekat ia harus tetap tinggal plastis. Bila aspal terkena pengaruh cuaca dalam bentuk lapisan yang tipis, ia akan berangsur-angsur hilang sifat plastisnya dan akan menjadi regas, karena perubahan kimia atau fisika. Kerusakan oleh alam ini disebut pelapukan. Pelapukan aspal pada hamparan jalan terutama disebabkan oleh akibat pengerasan yang cepat dari aspal, sehingga menghasilkan retakan-retakan kecil. Bila pelapukan masing-masing akan berlanjut, keretakan tadi akan bertambah lebar, bila tidak dicegah, kejadian air permukaan masuk, melembekkan lapisan dasar jalan, atau membekukan bagian bawah dan mengakibatkan aspal pecah. Disamping itu perusakan bahan perekat aspal disebabkan pula oleh adanya gesekan yang luar biasa di atas jalan. Pelapukan aspal penghamparan jalan, terutama akibat dari oksidasi dan penguapan. Faktor lain yang menyebabkan kerusakan itu juga akibat sinar gelombang pendek dari matahari (sinar actinic), umur pengerasan dan akibat bocoran air.

Sifat- sifat aspal yang ada hubungannya dengan ketahanan lama atau pengaruh pelapukan :

1. Titik lembek

Cara sederhana dan langsung dalam penentuan titik lembek ialah dengan cara pakai cincin dan bola baja untuk menentukan titik lembek seperti tercantum dalam ASTM D-30-70 atau AASHTO T-53-74.

2. Oksidasi dan penguapan

Oksidasi merupakan perusakan secara kimia terhadap aspal akibat serangan oksigen dari udara. Penguapan terdiri dari penguapan senyawa hydrocarbon yang ringan dari dalam aspal. Pengaruh dari kedua peristiwa itu mengakibatkan aspal akan mengeras, yang dapat diuji dengan cara penetrasi atau menguji kekekentalannya (Viskositetnya).

### 3. Pengaruh suhu

Derajat oksidasi dan penguapan, akan dipercepat bila suhu dinaikkan. Cara menduga derajat reaksi secara organik dan fisik, biasanya dengan memperkirakan bahwa tiap kenaikan  $10^{\circ}\text{C}$  reaksinya akan berlipat dua kali. Sebagai misal, oksidasi dan penguapan akan terjadi delapan kali lebih besar untuk suatu campuran yang diaduk dalam pugmill pada suhu  $179^{\circ}\text{C}$  dibandingkan bila hanya diaduk pada suhu  $149^{\circ}\text{C}$ .

### 4. Pengaruh luas permukaan

Makin luas bidang permukaan suatu aspal akan makin cepat ia mengeras. Dengan demikian pula kecepatan oksidasi dan penguapan, tergantung dari luas permukaan aspal itu yang berhubungan dengan udara. Oleh karena itu, untuk pembuatan hamparan jalan dari campuran aspal agar lebih stabil, maka perlu diusahakan agar hamparan itu memiliki rongga-rongga udara (Voice) sekecil mungkin. Agar oksidasi akan terjadi lebih kecil.

### 5. Pengaruh sinar matahari

Diketahui bahwa sinar matahari juga punya pengaruh terhadap ketahanan lama. Sinar dengan gelombang pendek atau sinar actinic, merusak/ merubah molekul aspal menjadi air dan senyawa yang larut dalam air. Reaksi tersebut disebut “ Photo oksidasi “ Karena reaksi oksidasi ini dipercepat oleh adanya sinar. Tetapi untungnya oksidasi akibat sinar ini, tidak dapat masuk jauh kedalam lapisan aspal (hanya lapisan tipis dipermukaan). Meskipun demikian hal ini perlu diketahui, terutama bila menggunakan jenis aspal untuk keperluan pelaburan permukaan atau perapat air bahwa lama- lama aspal itu akan berubah sifatnya.

### 6. Pengaruh susunan kimia

Telah dikemukakan dalam sifat kimia, bahwa senyawa-senyawa yang terkandung dalam aspal itu sendiri, terutama senyawa dalam kelompok “maltene”, dapat mempengaruhi sifat

ketahanan terhadap gesekan/ abrasi. Aspal yang memiliki angka perbandingan distribusi maltene (*Maltene Distribution Ratio*) lebih besar dari 1.5 akan kurang tahan pengaruh gesekan. *Maltene Distribution Ratio* yang baik ialah bila berkisar antara 0.6 – 1.14 bila angkanya kurang dari 0.6 aspalnya menjadi kurang bersifat kohesif.

7. Aspal yang dibuat dengan proses Craking (*Cracked Asphalt*)

Aspal dihasilkan dengan cara cracking, (sebagai misalnya *Blown Asphalt*) akan lebih cepat rusak karena pengaruh cuaca, sebab dalam aspal ini banyak mengandung senyawa hydrocarbon yang tidak jenuh. Untuk aspal guna kepentingan pembuatan hamparan jalan sebaiknya jenis cracked aspal ini tidak dipakai.

Aspal yang telah dipecah secara lebih parah molekul- molekulnya, biasanya berpermukaan yang pudar (tidak mengkilap). Sebaliknya aspal yang belum pecah molekulnya mengkilap permukaannya seperti cermin. Aspal yang telah dipecah molekulnya, bila dilarutkan dalam  $\text{CCl}_4$  akan meninggalkan k. 1. 0.5 % atau lebih endapan karbon.

**c. Derajat pengerasan.**

Suatu aspal cair bila dibiarkan terbuka diudara dalam lapisan tipis berangsur-angsur akan mengental membentuk kembali aspal padat jenis AC. Waktu yang diperlukan untuk mengental itu disebut derajat pengerasan (*rate of curing*)

*Rate of curing* dipengaruhi oleh :

- Penguapan dari bahan pelarut/pengencer.
- Jumlah pelarut/pengencer dalam aspal cair.
- Angka penetrasi dari aspal dasar yang dicairkan.

Makin kecil jumlah bahan pelarut/ pengencer yang terkandung dalam aspal cair, akan makin cepat ia mengental kembali. Lain daripada itu waktu yang diperlukan untuk pengerasan akan lebih lama, bila angka penetrasi dari aspal dasarnya tinggi.

Faktor luar yang mempengaruhi kecepatan pengentalan :

- Suhu sekeliling.
- Luas permukaan penguapan atau perbandingan antara luas permukaan dan volumenya
- Kecepatan angin yang melalui permukaan.

Untuk menguji derajat pengerasan atau curing rate ini, memang sukar dilakukan. Cara yang dapat dilakukan secara langsung ialah dengan menyuling aspal cair tadi (*distillation test*), dimana dapat diamati kecepatan penguapan masing-masing pelarut pada suhu tertentu.

**d. Ketahanan terhadap pengaruh air.**

Sifat tahan lama aspal untuk hamparan jalan tergantung sekali pada kemampuan untuk dapat melekat dengan baik pada butir agregat yang dicampurkan dengannya, dalam suasana basah (ada air). Kehilangan daya lekat aspal terdapat agregat, akan mengakibatkan rusaknya hamparan jalan tersebut.

Jelasnya lapisan aspal pada agregat dalam aspal dingin, dapat diperkecil dengan menggunakan jenis agregat yang bersifat hydrophilli. Daya lekat aspal akan lebih baik lagi bila dipakai bahan aditif yang bersifat anti lepas. Bahan aditif ini biasanya dicampurkan kedalam campuran panas aspal beon yang dihampar dingin bila air tercampur pula dalam beton itu.

Pada pemakaian campuran aspal panas, yang dihamparkan dalam keadaan panas pula dimana sebelumnya agregat telah dikeringkan terlebih dulu bahan aditif tidak perlu dipakai.

Cara pengujian aspal mengenal sifat daya lekatnya, seperti tercantum dalam cara yang disusun oleh Direktorat Bina Marga PA-0312-76.

Didalam praktek mutu dan kegunaan aspal, pada umumnya ditentukan oleh keempat sifat tersebut, meskipun bahwa ratio maltene distribution, terhadap ketahanan lama, tidak diabaikan.

Sifat-sifat fisis lainnya ialah :

a. Berat jenis

Berat jenis aspal (tanpa campuran) biasanya berkisar antara 1.04 – 1.02 pada suhu 15° C. Angka yang tinggi dicapai aspal yang keras dan yang rendah untuk bitumen cair.

Karena aspal bitumen ini memiliki pemuaian, maka berat jenisnya dapat dipengaruhi pula oleh suhu, akibat perubahan suhu yang menyebabkan perubahan volumenya.

$$\text{Coef. Pemakaian aspal} = V_1 = V_0 ( 1 + (t_1 - t_0) )$$

Dalam rentangan suhu antara 15° C – 200° C coefficient pemuaian adalah 0.0006 per °C. Cara penentuan berat jenis biasanya untuk aspal padat, pakai Piknometer (untuk mengukur berat serta volumenya), sedang untuk aspal cair dipakai Areometer (kurang teliti tetapi tepat).

b. *Ductility* (keliatan)

Untuk mendapat gambaran apakah suatu jenis aspal pada penggunaannya nanti akan mengalami retak-retak, dilakukan uji keliatan ( *ductility* dengan cara menarik benda coba yang terbuat dari aspal dengan kecepatan 5 cm per menit pada suhu 25° C. Penampang benda cobanya 1 cm<sup>2</sup>. *Ductility* merupakan angka perpanjangan dari benda coba akibat penarikan sampai putus dinyatakan dalam cm.

Aspal dengan angka *ductility* yang rendah dapat mengalami retak akibat lapisan aspal mengalami perubahan suhu yang agak tinggi. Sifat *ductility* ini dipengaruhi oleh sifat kimia aspal, yaitu akibat susunan senyawa hidrokarbon yang dikandungnya. Bila aspal banyak mengandung susunan senyawa paraffin dengan rantai panjang, *ductility*nya rendah demikian juga aspal yang didapat dari proses blowing (*blown asphalt*) dimana banyak terdapat gugusan *hydrocarbon* tak jenuh yang mudah menyusut, sedangkan yang banyak mengandung paraffin karena susunan rantai karbon yang kekuatan strukturnya kurang plastis.

c. Titik nyala

Maksud pengujian ini ialah untuk menentukan pada suhu mana aspal itu akan menyala, untuk menjaga pada suhu mana aspal tersebut dapat dipanasi tanpa berbahaya.

Pengujiannya dilakukan dengan alat penentu titik nyala model bejana terbuka (*Cleveland open cup* untuk titik nyala tinggi dan *Tagliabue open cup* untuk titik nyala suhu rendah).

d. Uji kelarutan

Uji ini biasanya untuk menguji kemurnian aspal, dimana aspal kemungkinan mengandung bahan tak larut, misalnya garam, kotoran abu, karbon atau mineral lainnya.

Pengujian dengan melarutkan aspal dalam karbon bisulfida ( $CS_2$ ), bagian yang tidak larut ditimbang. Cairan pelarut lainnya yang biasa dipakai misalnya karbon tetra chlorid ( $CCl_4$ ). Cairan ini tidak mudah terbakar disbanding dengan  $CS_2$ , dan tidak larut dalam  $CCl_4$ .

e. Uji penyulingan

Uji ini dengan maksud untuk memisahkan bahan-bahan lain yang dapat dipisahkan dari aspal misalnya jenis pelarut yang berbeda penguapannya. Disamping itu pengujian kadar ini dapat juga dilakukan dengan cara penyulingan ini.

### 2.7.1.3 Jenis Pengujian bagi Aspal Emulsi

Tujuan dari pengujian terhadap aspal emulsi antara lain untuk mengetahui sifat, mutu, dan kemampuan aspal tersebut sebagai bahan pengikat.

Ada beberapa pengujian bagi aspal emulsi, antara lain :

a. Uji pecahnya emulsi

Untuk mengetahui cepat atau lambatnya emulsi akan pecah/ terurai bila berhubungan dengan batuan. Dalam pengujian dipakai larutan  $CaCl_2$  sebagai bahan pemecah emulsi. Cairan dapat diatur agak pekat/ encer tergantung jenis emulsi yang diuji.  $CaCl_2$  pekat untuk menguji

*Slow Setting Emulsion* dan  $\text{CaCl}_2$  encer untuk menguji *Rapid Setting Emulsion*.

b. Uji pengendapan

Untuk menguji kestabilan emulsi aspal apakah bila emulsi itu disimpan tidak akan terjadi pengendapan.

Emulsi aspal yang baik tidak akan berubah bila disimpan lama, artinya tidak akan terjadi pengendapan butiran aspalnya. Tetapi bila emulsi rusak dan sebagian mengendap aspalnya, maka dalam penggunaan akan sukar dikontrol homogenitas kandungan aspal dalam pemakaian.

Bila diambil emulsi bagian atas lebih dulu akan kurang kadar aspalnya, bila sebelum dipakai diaduk dapat memecah emulsi aspal.

c. Uji kehalusan

Untuk mengetahui apakah dalam emulsi itu betul-betul butir aspal terbagi dalam butir yang kecil, atau tidak ada aspal yang menggumpal. Aspal yang baik akan tembus ayakan 20 mesh (0,84 mm). Tapi bila ada butir aspal menggumpal, jika menggunakan alat semprot maka akan menyumbat mulut penyemprot.

d. Uji pencampuran

Untuk menguji kemampuan terutama bagi jenis *Slow Setting*, bila diaduk dengan berbagai macam agregat. Dalam pengujian ini dipakai PC tipe III sebagai pengganti tepung agregat.

e. Uji kelekatan dan ketahanan air

Untuk melihat kemampuan emulsi aspal dapat melekat dengan baik pada agregat, serta lekatan itu akan tetap kuat meskipun ada gangguan air.

f. Uji penyulingan

Dengan cara menyuling emulsi aspal, lalu dapat memisahkan bahan-bahan yang ada dalam aspal itu karena perbedaan suhu penguapannya.



Dari pengujian ini akan diketahui kadar air, kadar minyak pelarut dan residu aspalnya. Dari residu ini dapat dilakukan pengujian sifat residu itu misalnya penetrasi, kelarutannya dalam  $\text{CCl}_4$  atau duktilitas, sehingga dapat diduga bahan dasar emulsi itu dari jenis aspal yang mana.

g. Uji muatan listrik pada partikel emulsi

Untuk mengetahui apakah partikel emulsi bersifat anion atau kation. Hal ini penting untuk pemakaian jenis agregat yang mana yang cocok untuk emulsi tersebut. Misalnya untuk agregat bersifat basa, batu kapur akan cocok dipakai emulsi anion dan agregat silikat (batuan-batuan silikat) cocok dipakai untuk aspal emulsi kation.

h. Uji PH ( keasaman dan kebasaan )

Untuk mengetahui derajat keasaman dari emulsi kation jenis *Slow Setting Kation* ( SS-K ), karena ada persyaratan khusus untuk PH dari jenis ini.

#### 2.7.1.4 Aspal / Bitumen untuk Konstruksi Jalan

Pemakaian aspal untuk kebutuhan jalan biasanya berupa suatu campuran aspal dan agregat, dengan atau tanpa bahan tambahan lain.

Peranan aspal disini terutama sebagai pengikat antara butir-butir batuan dan sebagai bahan pengisi rongga-rongga yang ada pada batuan tersebut, sedangkan kekuatannya ditanggung oleh jalan itu sendiri, baik mengenai kuat tekan atau gesekan ditanggung oleh agregatnya.

Dilihat dari keadaan umum, terdapat 2 kelas / golongan campuran aspal, yaitu:

1. Campuran yang dilakukan di pabrik pengolahan

Berdasarkan cara kerja alat pengolah dan suhu kerja yang dipakai untuk mencampur aspal, maka dalam kelompok ini alat/ mesin dapat dibagi lagi menjadi sub kelompok/ sub kelas pengerjaan, yaitu :

a. Aspal beton campuran panas (*Hot Mix Asphalt Concrete*)

Merupakan jenis campuran hamparan untuk jalan raya yang tertinggi mutunya. Dipakai pada umumnya untuk jalan dengan lalu lintas berat, jalan tol, atau landasan pacu pesawat terbang.

Campuran aspal beton ini biasanya dibuat dalam satu unit pengolahan tertentu, yang dapat dipindah-pindahkan.

b. Aspal beton campuran dingin (*Cold Mix Asphalt Concrete*)

Aspal ini memiliki mutu yang lebih rendah dari aspal beton campuran panas. Biasanya dipakai untuk pekerjaan perbaikan permukaan jalan apabila dipandang bahwa pemakaian beton campuran panas kurang ekonomis.

Dibuat dari campuran agregat dan aspal cair yang diadakan dalam keadaan dingin.

c. Aspal beton yang dicampur sambil jalan (*Travel Mixing Plant*)

Cara ini dilakukan dengan menggunakan alat pencampur yang dapat berjalan.

d. Campuran aspal beton yang dikerjakan langsung di atas jalan yang dibuat (*Road Mixing Methode*)

Cara ini hampir sama dengan cara travel mixing plant, tetapi alatnya lebih sederhana. Campuran yang dikerjakan langsung di dalam bentuk penetrasi/ campuran hamparan berlapis.

2. Campuran yang dikerjakan langsung di tempat dalam bentuk penetrasi/ campuran hamparan berlapis

Secara garis besar jenis pekerjaan campuran aspal dalam kelompok ini ada 2 macam, yaitu :

a. Berupa pelapisan / perbaikan permukaan jalan

Tujuan utama dari pekerjaan pelapisan dengan campuran aspal dan agregat adalah :

- untuk mendapatkan lapisan gesek pada permukaan jalan
- untuk mempertinggi daya tahan gelincir
- untuk memperbaiki sifat pembiasan cahaya pada jalan

- untuk membuat batas jalan dan bahu jalan lebih jelas bedanya
- untuk perbaikan lapisan permukaan jalan lama yang retak-retak

b. Kontruksi penetrasi

Merupakan suatu perlakuan terhadap lapisan permukaan jalan untuk dapat menahan beban lalu lintas yang lebih berat.

### 2.7.1.5 Lapis Aspal Beton (Laston)

Berikut merupakan penjelasan mengenai Laston yang diperoleh dari Pustran Balitbang PU (SNI 03-1737-1989), Lapis Aspal Beton (*Laston*) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus,

dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

Pembuatan Lapis Aspal Beton (*Laston*) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi di bawahnya. Sebagai lapis permukaan, Lapis Aspal Beton harus dapat memberikan kenyamanan dan keamanan yang tinggi. Lapis Aspal Beton dibuat melalui proses penyiapan bahan, pencampuran, pengangkutan, penghamparan serta pemadatan yang benar-benar terkendali sehingga dapat diperoleh lapisan yang memenuhi persyaratan serta sesuai dengan Gambar Rencana.

a. Parameter dalam pembuatan Laston

- Bahan hanya boleh digunakan apabila telah dilakukan pengujian dan memenuhi persyaratan.
- Sebelum memulai pekerjaan, terlebih dahulu harus disiapkan persediaan bahan dalam jumlah yang cukup untuk menjamin kesinambungan pekerjaan.
- Untuk menjamin keseragaman campuran, sebaiknya menggunakan bahan dari sumber yang tetap.

#### ❖ Agregat Kasar

- Agregat kasar harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, kuat, awet dan bebas dari bahan lain yang mengganggu serta memenuhi persyaratan sebagai berikut :
  - a. Keausan pada 500 putaran (PB.0206-76 Manual Pemeriksaan Bahan Jalan) : maksimum 40%.
  - b. Kelekatan dengan aspal (PB.0205-76 MPBJ) : Minimum 95%.
  - c. Jumlah berat butiran tertahan saringan No. 4 yang mempunyai paling sedikit dua bidang pecah (visual) : Minimum 50% (khusus untuk kerikil pecah).
  - d. Indeks kepipihan/kelonjongan butir tertahan 9,5 mm atau 3/8" (British Standards - 812) : Maksimum 25%.
  - e. Penyerapan air (PB.0202-76 MPPBJ) : Maksimum 3%.
  - f. Berat jenis curah (bulk) (PB.0202-76 MPBJ) : Minimum 2,5 (khusus untuk terak).
  - g. Bagian yang lunak (AASHTO T-189) : Maksimum 5%.

#### ❖ Agregat Halus

- Agregat halus harus terdiri dari pasir alam atau pasir buatan atau pasir terak atau gabungan daripada bahan-bahan tersebut.
- Agregat halus harus bersih, kering, kuat, bebas dari gumpalan-gumpalan lempung dan bahan-bahan lain yang mengganggu serta terdiri dari butir-butir yang bersudut tajam dan mempunyai permukaan yang kasar.
- Agregat halus yang berasal dari batu kapur pecah hanya boleh digunakan apabila dicampur dengan pasir alam dalam perbandingan yang sama kecuali apabila pengalaman telah menunjukkan bukti bahwa bahan tersebut tidak mudah licin oleh lalu lintas.
- Agregat halus yang berasal dari hasil pemecahan batu, harus berasal dari batuan induk yang memenuhi persyaratan Agregat Kasar kecuali persyaratan c dan d.

- Agregat halus harus mempunyai ekivalen pasir minimum 50% (AASHTO T 176).

#### ❖ **Bahan Pengisi**

- Apabila diperlukan, bahan pengisi harus terdiri dari abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen (PC) atau bahan non plastis lainnya.
- Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu dan apabila dilakukan pemeriksaan analisa saringan secara basah, harus memenuhi gradasi sebagai berikut:

Tabel 2.29

Gradasi Bahan Pengisi

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang lolos
No. 30 (0,590 mm)	100
No. 50 (0,279 mm)	95 – 100
No. 100 (0,149 mm)	90 – 100
No. 200 (0,074 mm)	65 – 100

#### ❖ **Agregat Campuran**

- Agregat campuran harus mempunyai gradasi yang menerus mulai dari butir yang kasar sampai yang halus, dan apabila diperiksa dengan cara PB.0201-76 MPBJ harus memenuhi salah satu gradasi sebagaimana yang tercantum pada Tabel 2.30
- Agregat campuran yang diperoleh melalui pencampuran menurut proporsi yang diperlukan untuk rumusan campuran kerja, harus mempunyai ekivalen pasir yang tidak kurang dari 50% (ASTHO T176).

#### ❖ **Aspal**

Aspal untuk Lapis Aspal Beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 60/70 atau 80/100 yang seragam, tidak mengandung air, bila dipanaskan sampai dengan 175°C tidak berbusa, dan memenuhi persyaratan sebagai yang tercantum pada Tabel 2.30.

### ❖ Bahan Tambahan Aspal (Asphalt Additive)

Apabila untuk membantu pelekatan/anti pengelupasan, dipandang perlu bahan tambah maka bahan tambah harus terdiri dari bahan yang telah terbukti baik, dan harus ditambahkan kedalam aspal serta diaduk secara seksama sesuai dengan petunjuk yang diberikan oleh pabriknya sehingga diperoleh campuran yang seragam.

Tabel 2.30  
Batas-Batas Gradasi Menerus Agregat Campuran

No. Campuran	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Gradasi/Tekstur	Kasar	Kasar	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat
Tebal Padat (mm)	20-40	25-50	20-40	25-50	40-65	50-75	40-50	20-40	40-65	40-65	40-50
Ukuran Saringan	% BERAT YANG LOLOS SARINGAN										
1½"	38,1 mm	---	---	---	---	100	---	---	---	---	---
1"	25,4 mm	---	---	---	100	90-100	---	---	100	100	---
¾"	19,1 mm	---	100	---	100	80-100	82-100	100	---	85-100	85-100
½"	12,7 mm	100	75-100	100	80-100	---	72-90	80-100	100	---	---
3/8"	9,52 mm	75-100	60-85	80-100	70-90	60-80	---	---	---	65-85	56-78
No.4	4,76 mm	35-55	35-55	55-75	50-70	48-65	52-70	54-72	62-80	45-65	38-60
No.8	2,38 mm	20-35	20-35	35-50	35-50	35-50	40-56	42-58	44-60	34-54	27-47
No.30	0,59 mm	10-22	10-22	18-29	18-29	19-30	24-36	26-38	28-40	20-35	13-28
No.50	0,279 mm	6-16	6-16	13-23	13-23	13-23	16-26	18-28	20-30	16-26	9-20
No.100	0,149 mm	4-12	4-12	8-16	8-16	7-15	10-18	12-20	12-20	10-18	---
No.200	0,074 mm	2-8	2-8	4-10	4-10	1-8	6-12	6-12	6-12	5-10	4-8

Catatan :

No. Campuran : I, III, IV, VI, VII, VIII, IX, X dan XI digunakan untuk lapis permukaan.

No. Campuran : II, digunakan untuk lapis permukaan, perata (leveling) dan lapis antara (binder).

No. Campuran : V, digunakan untuk lapis permukaan dan lapis antara (binder)

Tabel 2.31  
Persyaratan Aspal Keras

No.	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan (MPBJ)	Persyaratan				Satuan
			Pen. 60		Pen. 80		
			Min	Mak	Min	Mak	
1	Penetrasi (25° C 5 detik)	PA.0301-76	60	79	80	99	0,1 mm
2	Titik Lembek (ring ball)	PA.0302-76	48	58	46	54	°C
3	Titik Nyala (elev.open cup)	PA.0303-76	200	-	225	-	°C
4	Kehilangan Berat (163° C 5 jam)	*)	-	0,8	-	0,1	% berat
5	Kelarutan (C <sub>2</sub> HCL <sub>3</sub> )	PA.0305-76	99	-	99	-	% berat
6	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	PA.0306-76	100	-	100	-	Cm
7	Penetrasi setelah kehilangan berat *)	PA.0301-76	54	-	50	-	% semula
8	Daktilitas setelah kehilangan berat *)	PA.0306-76	50	-	75	-	Cm
9	Berat Jenis (25°C)	PA.0307-76	1	-	1	-	gr/cc.

\*) berdasarkan Thin Film Oven Test (AASHTO T-179).

## b. Campuran

### ❖ Komposisi Umum Campuran

Campuran untuk Lapis Aspal Beton pada dasarnya terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan aspal. Masing-masing fraksi agregat terlebih dulu harus diperiksa gradasinya danm selanjutnya digabungkan menurut perbandingan yang akan menghasilkan agregat campuran yang memenuhi gradasi pada Tabel 2.30 Kedalam agregat campuran tersebut ditambahkan aspal secukupnya sehingga diperoleh campuran yang memenuhi persyaratan.

### ❖ Kadar Aspal Dalam Campuran

Kadar aspal yaitu persentase berat aspal, terhadap berat campuran berkisar antara 4 sampai 7 persen. Kadar aspal yang tepat harus ditentukan berdasarkan pengujian cara Marshall (PC.0202-76 MPBJ) sehingga didapatkan campuran yang memenuhi persyaratan.

### ❖ Rumusan Campuran Kerja (Job Mix Formula)

Sebelum pelaksanaan dimulai, terlebih dulu harus dibuat rumusan campuran kerja (*Job Mix Formula*) yang akan dijadikan dasar dalam memproduksi campuran. Rumusan campuran kerja tersebut harus menunjukkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Nilai pasti persentase berat agregat yang lolos pada setiap saringan yang telah ditetapkan.
- b. Nilai pasti kadar aspal dalam campuran.
- c. Nilai pasti suhu pada saat campuran keluar dari pusat pencampur.
- d. Nilai pasti suhu pada saat campuran tiba di lapangan.

### ❖ Penerapan Rumusan Campuran Kerja dan Toleransi

- Semua campuran yang dihasilkan harus memenuhi campuran yang telah ditetapkan dengan toleransi sebagai berikut :
  - a. Toleransi komposisi agregat.
    - Berat agregat yang lolos saringan No. 8 dan yang lebih besar :  $\pm -5\%$  berat agregat.
    - Berat agregat yang lolos saringan No. 30, 50 dan 100 :  $\pm 3\%$  berat agregat.
    - Berat agregat yang lolos saringan No. 200 :  $\pm 1\%$  berat agregat.
  - b. Toleransi kadar aspal
    - kadar aspal :  $\pm 0,3\%$  berat campuran
  - c. Toleransi suhu
    - Campuran keluar dari pusat pencampur :  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ .
    - Campuran tiba di lapangan :  $\pm 10^{\circ}\text{C}$

Batas-batas kendali kerja (*job controlle*) gradasi dan suhu masing masing tidak boleh keluar dari batas-batas umum gradasi (Tabel 2.30) dan suhu.



### ❖ Persyaratan Campuran

Apabila dilakukan cara Marshall (PC.0201-76 MPBJ) campuran harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

Tabel 2.32  
Persyaratan Campuran Lapis Aspal Beton

Sifat Campuran	LL Berat (2x75 tumb)		LL Sedang (2x50 tumb)		LL Ringan (2x35 tumb)	
	Min	Mak	Min	Mak	Min	Mak
Stabilitas (Kg)	550	-	450	-	350	
Kelelahan (mm)	2	4,0	2,0	4,5	2,0	5,0
Stabilitas/ Kelelahan (kg/ mm)	200	350	200	350	200	350
Rongga dalam campuran (%)	3	5	3	5	3	5
Rongga dalam agregat (%)	Lihat Tabel 2.33					
Indeks Perendaman (%)	75	-	75	-	75	

Catatan :

- Rongga dalam campuran aspal dihitung berdasarkan Berat Jenis maksimum teoritis campuran (berdasarkan berat jenis efektif agregat) atau berdasarkan beral jenis maksimum campuran menurut AASHTO T 209-82.
- Rongga dalam agregat ditetapkan berdasarkan berat jenis jenis curah (bulk specific gravity) dari agregat.
- Indeks perendaman ditetapkan berdasarkan Rumus :
 
$$\frac{48 \text{ jam pada suhu } 60^{\circ}\text{C}(\text{Kg})}{\text{Stabilitas Marshall}(\text{Kg})} \times 100 \%$$
- Kepadatan Lalu Lintas
  - Berat : lebih besar 500UE 18 KSAL/hari/jalur
  - Sedang : 50 sampai 500 UE 18 KSAL/hari/jalur
  - Ringan : lebih kecil dari UE 18 KSAL/hari/jalur

Tabel 2.33  
Persentase Minimum Rongga Dalam Agregat

Ukuran Maksimum Nominal Agregat		Persentase Minimum Rongga dalam Agregat
Inchi	Mm	
No. 16	1,18	23,5
No. 8	2,36	21,0
No.4	4,75	18
3/8 Inchi	9,50	16
1/2 Inchi	12,50	15
3/4 Inchi	19,00	14
1 Inchi	25,00	13
1 1/2 Inchi	37,50	12
2 Inchi	50,00	11,5
2 1/2 Inchi	63,00	11

### **C. Peralatan**

#### **❖ Instalasi Pencampur (*Asphalt Mixing Plant*)**

- a. Instalasi Pencampur harus mempunyai kemampuan produksi sedemikian rupa, sehingga alat penghampar yang dilayaninya dapat bekerja secara terus menerus pada kecepatan normal.
- b. Instalasi Pencampur harus mempunyai susunan dan cara kerja sedemikian rupa sehingga apabila dioperasikan dapat menghasilkan campuran yang memenuhi rumusan campuran kerja.

#### **❖ Persyaratan Umum Instalasi Pencampur**

##### **a. Pemasuk Agregat Dingin (*cold aggregate feeder*)**

Pemasuk agregat dingin harus dapat bekerja secara mekanis dan dapat diatur secara teliti sehingga setiap agregat dapat masuk ke dalam pengering dalam proporsi yang seragam sesuai dengan yang dikehendaki. Untuk setiap fraksi agregat harus disediakan pemasuk sendiri-sendiri. Setiap masuk harus dilengkapi dengan fasilitas untuk mengatur jumlah agregat yang keluar. Apabila dipandang perlu, untuk menjamin kelancaran aliran agregat dari semua bin, harus disediakan petugas khusus.

##### **b. Tangki Aspal dan Aspal Pemanasnya**

Tangki untuk menyimpan aspal harus mempunyai kapasitas yang cukup, paling sedikit untuk satu hari produksi. Tangki aspal harus dilengkapi dengan alat yang dapat mengukur secara teliti setiap volume aspal di dalamnya dan harus dapat mengalirkan semua aspal yang ditampungnya. Sistem pemanas pada tangki harus dapat memanaskan secara merata seluruh aspal sampai suhu yang ditetapkan dan harus sedemikian rupa sehingga tidak ada nyala api yang menyentuh langsung dinding tangki. Untuk mengukur suhu aspal, pada lokasi yang cocok dekat katup pembuangan pada unit pengaduk, harus dipasang thermometer berlapis baja, yang mempunyai skala yang cukup (100°C sampai 200°C).

**c. Pengering (*Dryer*)**

Pengering pada Instalasi Pencampur harus mampu mengeringkan dan memanaskan secara merata (pada suhu yang ditentukan) agregat dalam jumlah yang cukup untuk menjamin operasi menerus dari pada Instalasi Pencampur. Untuk mengukur suhu agregat pada saat keluar dari alat pengering, pada talang pembuangan harus dipasang thermometer yang dapat mencatat sendiri.

**d. Saringan**

Saringan harus mampu mengayak semua agregat menurut fraksi dan proporsi yang ditetapkan dan harus mempunyai kapasitas sedikit di atas kapasitas penuh unit pengaduk. Saringan-saringan tersebut harus mempunyai efisiensi operasi sedemikian rupa sehingga agregat yang ada dalam bin, harus mengandung bagian yang berukuran terlalu besar atau terlalu kecil tidak lebih dari 10 persen.

**e. Bin Panas (*Hot Bin*)**

Bin penampung agregat panas harus dibagi menjadi paling sedikit tiga ruang, dan harus mempunyai kapasitas yang cukup untuk menjamin penyediaan masing-masing fraksi agregat. Masing-masing ruang harus dilengkapi dengan pipa pembuang kelebihan agregat, agar supaya agregat tidak menumpuk dan melimpah ke ruang lain. Bin harus dibuat sedemikian rupa sehingga memudahkan pengambilan contoh yang mewakili.

**f. Penampung Debu (*Dust Collector*)**

Instalasi Pencampur harus dilengkapi dengan penampung debu yang dibangun sedemikian rupa sehingga dapat membuang atau mengembalikan debu yang tertampung.

**g. Pengendali Waktu Pengadukan (*Control of Mixing Time*)**

Instalasi Pencampur harus dilengkapi dengan peralatan yang dapat mengendalikan waktu pengadukan secara konsisten.

❖ **Khusus Instalasi Pencampur Jenis Takaran (Batching Plant).**

**a. Timbangan Agregat**

Timbangan untuk agregat harus mempunyai kepekaan sebesar 0,5% beban maksimum yang diperlukan, dan harus dipelihara agar selalu dalam kondisi yang baik. Untuk memeriksa tingkat ketelitian timbangan, harus disediakan beban-beban standar (biasanya @ 20 kg) sehingga dapat dipastikan bahwa timbangan masih mempunyai batas ketelitian 1% di atas atau di bawah setiap kenaikan berat agregat sampai dengan berat total.

**b. Penakar Aspal**

Jumlah aspal yang ditambahkan harus ditakar dengan cara menimbang atau mengukur volumenya. Alat penakar harus mempunyai ketelitian yang tinggi sehingga kadar aspal dalam campuran berada dalam batas-batas kendali kerja yang telah ditetapkan. Apabila dalam penimbangan digunakan ember (*bucket*), maka ember harus mempunyai kapasitas yang cukup untuk menampung sekurang-kurangnya 15% daripada kapasitas unit pengaduk dan harus dilengkapi dengan alat-alat yang dapat menimbang aspal dalam batas ketelitian 1 % di atas atau dibawah berat yang dikehendaki. Batang-batang penyemprot bertekanan harus dipasang sedemikian rupa sehingga aspal dapat tersebar secara merata keseluruhan panjang dan lebar pengaduk.

**c. Kotak Penimbang atau Hoper**

Kotak penimbang atau hoper harus mempunyai kapasitas yang cukup untuk menampung satu takaran penuh (*full batch*) tanpa perlu diratakan dengan tangan atau tanpa meluap dan harus dilengkapi dengan alat yang dapat menimbang agregat secara teliti dari setiap bin.

**d. Unit Pengaduk (*Mixer Unit*)**

Instalasi Pencampur harus mempunyai pengaduk takaran (*batchmixer*) yang terdiri dari jenis ruang pengaduk ganda (*twin pugmill*) dan mampu memproduksi campuran seragam yang masih dalam batas toleransi campuran keija. Ruang pengaduk harus dilengkapi secukupnya dengan

pedal-pedal pengaduk. Ruang bebas antara pedal-pedal dengan bagian-bagian lain pada unit pengaduk tidak boleh lebih dari 2 cm. Ruang pengaduk harus dioperasikan pada kecepatan sedemikian rupa sehingga menghasilkan campuran yang seragam. Untuk mengendalikan siklus pengadukan, unit pengaduk harus dilengkapi dengan pengunci waktu (*time lock*) yang diteliti. Selama dalam pengadukan kering, pengunci waktu harus dapat mengunci ember aspal dan selama masa pengadukan kering dan basah harus dapat mengunci unit pengaduk.

❖ **Persyaratan Khusus Untuk Instalasi Pencampur Jenis mlenerus**  
(*Continuous Plants*).

**a. Unit Pengendali Gradasi.**

Instalasi Pencampur harus dilengkapi dengan alat yang dapat mengatur secara teliti proporsi setiap fraksi agregat dari bin, baik dengan cara penimbangan ataupun pengukuran volume. Apabila pengaturan proporsi dilakukan dengan cara pengukuran volume, maka unit pengendali harus mencakup pemasuk yang dipasang di bawah ruangan bin. Masing-masing ruang bin harus mempunyai pintu pengendali sendiri-sendiri yang dilengkapi dengan suatu penunjuk (*indicator*) yang menyatakan besarnya bukaan pintu. Instalasi Pencampur harus mencakup pula alat untuk mengkalibrasi masing-masing bukaan pintu dengan cara penimbangan contoh-contoh pengujian.

**b. Penyelarasan Pemasukan Agregat dan Aspal.**

Instalasi Pencampur harus dilengkapi dengan alat-alat yang dapat mengendalikan dengan baik aliran agregat dan aliran aspal.

**c. Unit Pengaduk**

Instalasi Pencampur harus mencakup unit pengaduk menerus dari jenis ruang pengaduk ganda dan mampu menghasilkan campuran yang seragam dalam batas-batas toleransi rumusan campuran kerja. Pedal pengaduk harus dari jenis yang dapat diatur sehingga membentuk kedudukan miring (*angular position*) terhadap sumbunya dan dapat dibalik sehingga mampu menahan aliran campuran. Ruang pengaduk

harus dilengkapi dengan hopper yang memungkinkan untuk mengeluarkan campuran secara cepat dan habis tanpa terjadi segregasi.

❖ **Alat Penghampar (*Spreader*)**

Alat penghampar harus berjenis yang dapat bergerak sendiri yang dilengkapi dengan baik penampung, ulir penyebar, sepatu yang dapat diatur (*adjustable screeds*), pelat pemadat (*tamper*) atau sepatu getar (*vibratory screeds*), dan peralatan pengatur ketebalan /kemiringan/ ketinggian (*equalizing devices*), serta mampu menghampar campuran panas tanpa terjadi sobekan, sungkur, segregasi, alur atau catat-catat lainnya, dan dapat memberikan kerataan permukaan sesuai dengan persyaratan yang ditentukan. Alat penghampar harus sedemikian rupa sehingga memungkinkan untuk dapat beroperasi pada kecepatan yang serendah-rendahnya sesuai dengan kemampuan produksi Instalasi Pencampur.

❖ **Alat Pemadat**

Alat pemadat harus terdiri dari jenis roda besi dan jenis roda karet yang bermesin. Alat pemadat roda besi Tandem roda dua, Tandem roda tiga dan roda karet, masing-masing harus mempunyai berat minimum 8 ton, 12 ton dan 15 ton. Alat pemadat harus cocok untuk pemadatan campuran panas dan harus mampu berbalik arah tanpa terjadi kejut (*backlash*). Untuk mencegah melekatnya campuran pada roda pemadat, maka roda pemadat harus dilengkapi dengan pisau pembersih (*scrapers*), tangki air dan batang penyemprot.

❖ **Timbangan Truk (*Track Scales*)**

Timbangan truk yang biasanya dipasang di lokasi pencampur, harus dari jenis batang standar (*Standard beam type*), mempunyai kapasitas yang cukup untuk menimbang semua jenis truk yang digunakan dalam pengangkutan campuran, dan mampu menimbang secara teliti pada pembebanan antara 10 kg sampai beban total. Untuk memeriksa ketelitian timbangan, harus disediakan beban-beban standar.

### ❖ **Produksi Campuran**

- Campuran hanya boleh diproduksi dengan menggunakan Instalasi Pencampur yang telah memenuhi persyaratan. Setiap fraksi agregat harus ditampung secara terpisah dan masing-masing dimasukkan kedalam pengering secara seragam dengan menggunakan pemasuk mekanis.
- Agregat harus dikeringkan dan dipanaskan secara seksama. Suhu agregat pada saat keluar dari pengering harus sedemikian rupa sehingga campuran berada dalam batas-batas rumusan campuran kerja. Agregat yang telah dipanaskan harus disaring sesuai dengan fraksi yang ditetapkan dan masing-masing fraksi dimasukkan kedalam ruangan bin yang terpisah.
- Agregat panas dan bahan pengisi kering harus ditimbang secara teliti dan dimasukkan kedalam unit pengaduk, sesuai dengan proporsi yang diperlukan untuk mendapatkan rumusan campuran kerja.
- Jumlah aspal yang diperlukan untuk setiap kali pengadukan atau jumlah terkalibrasi untuk pengadukan menerus, harus dimasukkan kedalam unit pengaduk. Pada pengadukan secara takaran, setelah agregat dan bahan pengisi diaduk-kering selama 5 sampai 70 detik, kemudian aspal ditambahkan dan diaduk menerus sekurang-kurangnya selama 10 detik sampai diperoleh campuran yang merata (masa pengadukan yang terlalu lama harus dihindarkan). Apabila digunakan pengaduk menerus, masa pengadukan tidak boleh kurang dari 45 detik sampai memperoleh campuran yang merata. Masa pengadukan ditetapkan dengan cara sebagai berikut :
  - a. Instalasi Pencampur Jenis Takaran.  

$$\text{Masa pengadukan (det)} = \text{Masa pengadukan kering} + \text{Masa pengadukan basah.}$$
  - b. Instalasi Pencampur Jenis Menerus.  

$$\text{Masa pengadukan (Kg)} = \frac{\text{Kapasitas mati ruang pengaduk (Kg)}}{\text{Produksi ruang pengaduk (kg per detik)}}$$
- Pemanasan aspal harus pada suhu antara 140°C sampai 160°C Pada saat dimasukkan kedalam unit pengaduk, suhu agregat tidak boleh lebih tinggi

15°C daripada suhu aspal. Volume seluruh campuran di dalam ruang pengaduk tidak boleh terlalu banyak atau terlalu sedikit. Pada saat keluar dari instalasi pencampur, campuran harus mempunyai suhu antara 135°C sampai 170°C.

#### ❖ **Pengangkutan Campuran**

- Pengangkutan campuran dari Instalasi Pencampur ke lokasi pekerjaan harus dilakukan dengan menggunakan truk beroda karet dan mempunyai bak dari logam yang rapat, bersih serta telah dilabur secukupnya dengan bahan pencegah melekatnya campuran dengan baik (misal air sabun, minyak ringan, minyak parafin atau larutan kapur).
- Untuk melindungi campuran dari pengaruh cuaca, maka selama pengangkutan, campuran dalam bak truk harus ditutup dengan kain terpal atau bahan lainnya yang sejenis.
- Pengangkutan campuran tidak boleh dilakukan terlalu sore, agar penghamparan dan pemadatan campuran bisa diselesaikan pada saat cuaca masih terang, kecuali apabila di lapangan telah disiapkan penerangan secukupnya.
- Setiap kali pengangkutan campuran, truk harus ditimbang dan dicatat berat seluruh beban, berat truk kosong dan berat bersih campuran.

#### ❖ **Pelapisan Percobaan (Proof Section)**

- Untuk mengetahui secara tepat semua faktor yang berkaitan dengan pelaksanaan (misal: pencampuran, penghamparan, pemadatan) maka sebelum pelaksanaan yang sebenarnya dimulai, terlebih dulu harus dilakukan pelapisan percobaan dengan menggunakan peralatan, bahan dan prosedur yang sama dengan yang akan digunakan dalam proses pelaksanaan sebenarnya. Luas perkerasan untuk pelapisan percobaan dapat ditetapkan  $\pm 150 \text{ m}^2$ .
- Apabila pelapisan percobaan dilakukan di lokasi pekerjaan, maka lapisan percobaan harus dibongkar dan permukaannya dikembalikan kepada kondisi yang semestinya, kecuali apabila semua persyaratan telah dipenuhi.



#### ❖ **Penyiapan Permukaan Yang Akan Dilapis.**

- Menjelang penghamparan campuran, permukaan yang ada terlebih dahulu harus dibersihkan dari bahan-bahan lepas dan bahan-bahan lain yang mengganggu. Apabila dipandang perlu, permukaan harus diberi lapis pengikat sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- Apabila pada permukaan yang akan dilapis terdapat kerusakan setempat, maka bagian-bagian tersebut terlebih dahulu harus diperbaiki semestinya, sehingga diperoleh permukaan yang rata.

#### ❖ **Pembatasan Cuaca**

Pelaksanaan penghamparan hanya boleh dilakukan pada cuaca yang baik. Apabila diperkirakan hari akan hujan maka penghamparan harus segera dihentikan, kecuali apabila dalam keadaan terpaksa (mutu hasil pekerjaan harus tetap dipertahankan).

#### ❖ **Penghamparan Campuran**

- Operasi penghamparan sebaiknya dimulai dari posisi terjauh dari Instalasi Pencampur.
- Alat penghampar harus dioperasikan sedemikian rupa sehingga menghasilkan permukaan yang rata (tanpa ada retakan, sobekan, alur atau cacat lainnya) yang apabila setelah selesai pemadatan akan diperoleh tebal, kelandaian memanjang, elevasi dan potongan melintang yang sesuai dengan yang dikehendaki.
- Apabila ada permukaan terjadi segregasi, sobek atau alur, maka pengoperasian alat penghampar harus dihentikan dan dijalankan lagi setelah alat penghampar diperbaiki. Bagian permukaan yang kasar atau tersegregasi harus diperbaiki dengan cara menebarkan dan meratakan bagian campuran yang halus. Perataan secara manual sejauh mungkin dihindarkan.
- Selama penghamparan, harus diperhatikan agar pada sudut-sudut atau tempat lainnya pada alat penghampar, tidak terdapat campuran yang terkumpul dan mendingin.

- Selama penghamparan, harus ditugaskan beberapa tenaga yang bertugas menyempurnakan hamparan, sehingga apabila telah selesai akan diperoleh lapisan yang memenuhi persyaratan.
- Pada bagian-bagian pekerjaan dimana penggunaan alat penghampar dipandang tidak praktis maka penghamparan dapat dilakukan cara manual. Campuran tidak boleh ditumpahkan langsung dari truk.
- Bagian perkerasan lama, kerb, lubang got atau bangunan lain yang sejenis yang akan bersentuhan dengan lapisan yang baru, terlebih dahulu harus diberi lapisan pengikat.

#### ❖ **Pemadatan**

- Pemadatan harus dilakukan secepatnya setelah penghamparan, yaitu pada saat hamparan sudah tidak bergerak (displacement) karena pemadatan. Pemadatan harus dilakukan dalam tiga tahap sebagai berikut :
  - a. Pemadatan awal (dengan menggunakan alat pemadat roda besi) pada saat suhu campuran minimum 110°C).
  - b. Pemadatan antara (dengan menggunakan alat pemadat roda karet) pada saat suhu campuran antara 90°C sampai 110°C).
  - c. Pemadatan akhir (dengan menggunakan roda besi). Pada pemadatan awal, roda penggerak alat pemadat harus mengarah ke alat penghampar.
- Pemadatan antara harus dilakukan sedekat mungkin di belakang pemadatan awal saat lapisan masih mempunyai suhu yang akan menghasilkan kepadatan maksimum. Pemadatan akhir harus dilakukan pada saat lapisan masih mempunyai kondisi yang memungkinkan jejak/bekas roda alat pemadat pada permukaannya dapat dihilangkan.
- Pemadatan arah memanjang harus dimulai pada sambungan dan berpindah ke tepi luar untuk selanjutnya semakin bergeser ke arah tengah perkerasan (pada bagian tikungan, pemadatan dimulai pada bagian perkerasan yang rendah dan bergeser ke bagian yang lebih tinggi). Untuk daerah tanjakan/turunan pemadatan dimulai dari bagian yang rendah menuju ke bagian yang lebih tinggi

- Kecepatan alat pemadat roda besi dan roda karet, masing-masing tidak boleh lebih dari 4 dan 6 km/jam, dan harus cukup lambat sehingga tidak terjadi pergerakan hamparan. Lintasan pemadatan tidak boleh bergeser secara tiba-tiba, sedangkan arahnya tidak boleh berubah secara mendadak.
- Agar campuran tidak melekat pada roda alat pemadat, maka permukaan roda alat pemadat harus dibasahi dengan air secukupnya.
- Alat pemadat atau alat berat lainnya tidak boleh dibiarkan berdiri di atas lapisan yang baru, kecuali apabila lapisan tersebut telah dingin dan mantap.
- Pada saat pemadatan, tepi lapisan harus dibentuk secara rapi sesuai dengan batas-batas yang ditetapkan. Bagian tepi yang berlebihan harus dipotong tegak lurus dan kelebihan bahannya harus dibuang ketempat lain yang tidak akan mengganggu lingkungan.
- Jumlah lintasan pemadatan pada setiap tahap harus didasarkan pada jumlah lintasan menurut pelapisan percobaan.

#### ❖ **Pembuatan Sambungan**

- Baik sambungan memanjang maupun sambungan melintang pada lapisan-lapisan yang berurutan harus dibuat secara bertangga, sehingga secara vertikal tidak terletak dalam satu bidang. Sambungan memanjang harus diatur sedemikian rupa sehingga pada lapisan yang paling atas akan terletak pada garis pembagi jalur lalu lintas. Sambungan melintang, baik dalam arah vertikal maupun mendatar, harus dibuat dengan jarak minimum 25 cm.
- Penghamparan campuran pada bagian permukaan yang letaknya berdampingan dengan permukaan yang telah dilapisi hanya boleh dilaksanakan apabila lapisan terdahulu telah mempunyai bidang tepi yang vertikal dan telah diberi lapis pengikat.

### ❖ **Pengendalian Mutu**

- **Persyaratan tebal**

Tepi Lapis Aspal Beton yang telah selesai tidak boleh lebih tipis 5% atau lebih tebal 10% daripada tebal yang dikehendaki.
- **Pemeriksaan permukaan**
  - Permukaan dalam arah memanjang dan melintang masing-masing harus diperiksa dengan menggunakan mistar 4 m dan mal melintang (*crown template*). Mal melintang harus sesuai dengan potongan melintang tipikal sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar Rencana.
  - Berdasarkan pengukuran dengan trial melintang atau mistar, variasi kerataan permukaan tidak boleh lebih dari 3 mm (jalan tol atau jalan baru) atau 6 mm (bukan jalan tol atau jalan lama).
  - Pemeriksaan permukaan harus dilakukan secepatnya setelah pemadatan awal, dan setiap penyimpangan harus segera diperbaiki dengan cara membuang atau menambah bahan sebagaimana perlunya. Pemadatan harus diteruskan sebagaimana mestinya. Setelah pemadatan akhir, kerataan harus diperiksa lagi dan setiap bagian permukaan yang mempunyai penyimpangan kerataan melampaui batas di atas dan atau yang mempunyai cacat tekstur, cacat komposisi, atau cacat lainnya, harus diperbaiki.
- **Persyaratan Kepadatan**

Kepadatan rata-rata lapisan yang telah selesai, tidak boleh kurang dari 96% kepadatan laboratorium produksi harian.
- **Pengambilan Contoh Untuk Pengendalian Mutu Campuran**

Untuk pengendalian mutu harian, pada setiap pagi dan sore harus dilakukan pengambilan contoh sebagai berikut :

  - a. Agregat dari masing-masing ruang bin panas untuk pengujian gradasi.
  - b. Agregat campuran untuk pengujian gradasi.
  - c. Campuran lepas untuk diekstraksi dan pemeriksaan Marshall.

- Pengujian Pengendalian Mutu Campuran.
  - Pada setiap hari produksi harus dilakukan pengujian sebagai berikut :
    - a. Analisa saringan agregat yang diambil dari setiap bin dingin.
    - b. Analisa saringan agregat yang diambil dari setiap ruang bin panas.
    - c. Analisa saringan agregat campuran
    - d. Suhu campuran dan menjelang dimasukkan ke dalam alat penghampar.
    - e. Derajat kepadatan lapisan yang telah selesai.
    - f. Stabilitas dan kelelahan Marshall.
    - g. Kadar aspal dan gradasi sebagaimana ditentukan melalui pemeriksaan ekstraksi.
    - h. Kandungan rongga dalam campuran, sebagaimana ditentukan melalui cara perhitungan pendekatan dengan menggunakan berat jenis agregat.
    - i. Kepadatan campuran di laboratorium (kepadatan Marshall).
    - j. Lokasi penghamparan.
  - Baik untuk keperluan sendiri atau pihak lain, data hasil pemeriksaan harus disimpan.

### **2.7.2. Agregat**

Agregat/ batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang berbentuk padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen - fragmen. Agregat dapat berupa krikil, batu pecah, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan yang mempunyai fungsi untuk menahan beban. Pada umumnya 90% - 95% dari berat konstruksi jalan atau 75% - 85% dari volume perkerasan jalan diisi oleh agregat. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material yang lain.

### 2.7.2.1 Klasifikasi Agregat

#### A. Ditinjau dari Asal Kejadiannya

Agregat/ batuan dapat dibedakan menjadi batuan beku (*igneous rock*), batuan sedimen dan batuan metamorf (batuan malihan). Ketiga jenis agregat tersebut dijelaskan sebagai berikut :

- a. Batuan beku adalah batuan yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku
- b. Batuan Agregat sedimen adalah batuan yang dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan pembekuan
- c. Batuan metamorf adalah agregat sediment atau agregat beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperature kulit bumi.

#### B. Berdasarkan Proses Pengolahannya

Agregat yang dipergunakan pada perkerasan lentur dapat dibedakan atas agregat alam, agregat yang mengalami proses pengolahan terlebih dahulu dan agregat buatan.

- a. Agregat alam adalah agregat ini digunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi.
- b. Agregat yang melalui proses pengolahan adalah agregat yang masih berbentuk batu gunung sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi perkerasan jalan.
- c. Agregat buatan adalah agregat yang merupakan mineral filler/ pengisi (partikel dengan ukuran  $<0.075$  mm), diperoleh dari proses sampingan pabrik-pabrik semen dan mesin pemecah batu.

### C. Berdasarkan besar partikel- partikel agregat

Dapat dibedakan atas agregat kasar , agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Adapun jenis agregat tersebut dapat dijelaskan seperti berikut:

- a. Agregat kasar, agregat  $> 4,75$  mm menurut ASTM atau  $> 2$ mm menurut AASTHO.
- b. Agregat halus, agregat  $<4.75$  mm menurut ASTM atau  $<2$  mm dan  $>0,075$  mm menurut AASTHO.
- c. Abu batu/ mineral filler, agregat halus yang umumnya lolos saringan No.200.

#### 2.7.2.2. Sifat Agregat

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu :

1. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh :
  - a. Gradasi
  - b. Ukuran maksimum
  - c. Kadar lempung
  - d. Kekerasan dan ketahanan
  - e. Bentuk butir
  - f. Tekstur permukaan
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik dipengaruhi oleh :
  - a. Porositas
  - b. Kemungkinan basah
  - c. Jenis agregat
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh :
  - a. Tahanan Geser (*skid resistan*).
  - b. Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix work ability*).

4. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh :
  - a. Gradasi
  - b. Ukuran maksimum
  - c. Kadar lempung
  - d. Kekerasan dan ketahanan
  - e. Bentuk butir
  - f. Tekstur permukaan
5. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik dipengaruhi oleh :
  - a. Porositas
  - b. Kemungkinan basah
  - c. Jenis agregat
6. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh :
  - a. Tahanan Geser (*skid resistan*).
  - b. Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix work ability*).

Tabel 2.30 Gradasi Agregat A dan B

Ukuran Saringan		Persen berat yang lolos	
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B
3"	75	100	100
2"	50	79-85	88-95
1½"	37,5	44-58	70-85
1"	25	29-44	30-65
¾"	9,5	17-30	25-55
No.4	4,75	7-17	15-40
No.10	2	2-8	8-20
No.40	0,425		2-8
No.200	0,075		



Abrasi dari agregat kasar(SNI 03-2417-1990)	Maks. 40%	Maks. 40%
Indek Plastisitas (SNI 03-1966-1990 dan SNI 03-1966-1990)	Maks. 6%	Maks. 6%
Hasil kali Indek Plastisitas dengan % lolos saringan No.200	Maks. 25%	-
Batas Cair (SNI 03-1967-1990)	Maks. 25%	Maks. 25%
Gumpalan Lempung dan Butir-butir mudah pecah dalam agregat (SNI 03-4141-1996)	0%	Maks. 1%
CBR (SNI 03-1744-1989)	Min. 90%	Min. 65%
Perbandingan persen lolos No.200 dan No.40	Maks. 2/3	Maks. 2/3

## **2.8 RAB dan Manajemen Proyek**

### **2.8.1 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.

### **2.8.2 Analisa satuan harga pekerjaan**

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

a. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

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

b. Analisa Satuan Alat Berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

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

### 2.8.3 Perhitungan Volume Pekerjaan

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

### 2.8.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

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

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. (Ibrahim, 2009)

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

1. Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

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

2. Anggaran Biaya Teliti

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

Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh :

a) Bestek

Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat

b) Gambar Bestek

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

c) Harga Satuan Pekerjaan

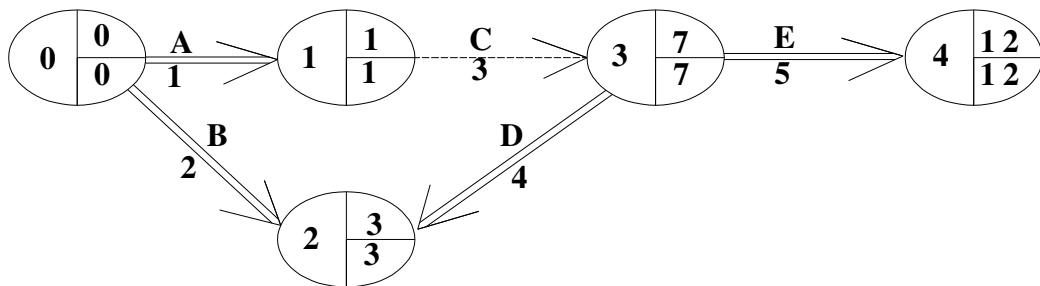
Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW.

### 2.8.5 Rekapitulasi Biaya

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

### 2.8.6 Manajemen Proyek

Manajemen proyek sebagai ilmu mengelola suatu kegiatan yang skalanya dapat bersifat kecil atau bahkan sangat besar, mempunyai ukuran tersendiri terhadap hasil akhir. Dengan menerapkan prinsip-prinsip dasar manajemen yang sama oleh individu atau organisasi yang berbeda dalam menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa – gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain. (Husen, 2008).



Gambar 2.17 Sketsa *Network Planning*

Tahapan penyusunan NWP (Manajemen Proyek, Husen Abrar, 2009) :

1. Menginventarisasi kegiatan-kegiatan dari paket terakhir WBS berdasar item pekerjaan, lalu diberi kode kegiatan untuk memudahkan identifikasi.
2. Memperkirakan durasi setiap kegiatan dengan mempertimbangkan jenis pekerjaan, volume pekerjaan, jumlah sumber daya, lingkungan kerja, serta produktivitas pekerja.
3. Penentuan logika ketergantungan antar kegiatan dilakukan dengan tiga kemungkinan hubungan, yaitu kegiatan yang mendahului (*predecessor*), kegiatan yang didahului (*successor*), serta bebas.

#### Manfaat Penerapan NWP :

1. Penggambaran logika hubungan antar kegiatan, membuat perencanaan proyek menjadi lebih rinci dan detail.
2. Dengan memperhitungkan dan mengetahui waktu terjadinya setiap kejadian yang ditimbulkan oleh satu atau beberapa kegiatan, kesukaran-kesukaran yang bakal timbul dapat diketahui jauh sebelum terjadi sehingga tindakan pencegahan yang diperlukan dapat dilakukan.
3. Dalam *network* dapat terlihat jelas waktu penyelesaian yang dapat ditunda atau ditepati.
4. Membantu mengomunikasikan hasil *network* yang ditampilkan.
5. Memungkinkan dicapainya hasil proyek yang lebih ekonomis dari segi biaya langsung (*direct cost*) serta penggunaan sumber daya.
6. Berguna untuk menyelesaikan *legal claim* yang diakibatkan oleh keterlambatan dalam menentukan kemajuan pekerjaan, menganalisa *cashflow*, dan pengendalian biaya.
7. Menyediakan kemampuan analisis untuk mencoba mengubah sebagian dari proses, lalu mengamati efek terhadap proyek secara keseluruhan.
8. Terdiri atas metode *Activity On Arrow* dan *Activity On Nodel Precedence Diagram Method*.
9. Metode *Network Planning* terdiri atas *Activity On Arrow* dan *Activity On Node/ Predecence Diagram Method*.

#### Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- $\longrightarrow$  (*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 waktu.
- $\bigcirc$  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.

- $\Rightarrow$  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
- $-----\blacktriangleright$  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.



Gambar 2.18 Simbol Kejadian

### 2.7.7 Barchart

Rencana kerja yang paling sering dan banyak digunakan adalah diagram batang (*bar charts*) atau *Gant charts*. Bar charts digunakan secara luas dalam proyek konstruksi karena sederhana, mudah dalam pembuatannya dan mudah dimengerti oleh pemakainya.

Bar charts adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. (Ervianto, 2005)

Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- Daftar Item Kegiatan, yang berisi seluruh kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- Urutan Pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.

- Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

### 2.7.8 Kurva S

Kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana, dari sinilah diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan jadwal proyek.

Indikasi tersebut dapat menjadi informasi awal guna melakukan tindakan koreksi dalam proses pengendalian jadwal. Tetapi informasi tersebut tidak detail dan hanya terbatas untuk menilai kemajuan proyek. Perbaikan lebih lanjut dapat menggunakan metode lain yang dikombinasikan, misal metode bagan balok atau Network Planning dengan memperbarui sumber daya maupun waktu pada masing-masing kegiatan.

Untuk membuat kurva S, jumlah persentase kumulatif bobot masing-masing kegiatan pada suatu periode di antara durasi proyek diplotkan terhadap sumbu vertikal sehingga bila hasilnya dihubungkan dengan garis, akan membentuk kurva S.

Bentuk demikian terjadi karena volume kegiatan pada bagian awal biasanya masih sedikit, kemudian pada pertengahan meningkat dalam jumlah cukup besar, lalu pada akhir proyek volume kegiatan kembali mengecil.

Untuk menentukan bobot pekerjaan, pendekatan yang dilakukan dapat berupa perhitungan persentase berdasarkan biaya per item pekerjaan/ kegiatan dibagi total anggaran atau berdasarkan volume rencana dari komponen kegiatan terhadap volume total kegiatan. (Husen, 2009)