

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian dan Klasifikasi Jalan

2.1.1 Pengertian :

- a. Badan jalan adalah bagian jalan yang meliputi seluruh jalur lalu lintas, median, dan bahu jalan.
- b. Bahu Jalan adalah bagian daerah manfaat jalan yang berdampingan dengan jalur lalu lintas untuk menampung kendaraan yang berhenti, keperluan darurat, dan untuk pendukung samping bagi lapis pondasi bawah, lapis pondasi, dan lapis permukaan.
- c. Batas Median jalan adalah bagian median selain jalur tepi, yang biasanya ditinggikan dengan batu tepi jalan.

(Sumber : TPGJAK no. : 038/T/BM/1997)

2.1.2 Klasifikasi Jalan

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan

Fungsi Jalan	Arteri			Kolektor			Lokal		
Kelas Jalan	I	II	III A	III B			III C		
Muatan Sumbu Terberat(ton)	> 10	10	8			Tidak ditentukan			
Tipe Medan	D	B	G	D	B	G	D	B	G
Kemiringan Medan (%)	< 3	3 – 25	> 25	< 3	3 - 25	25 >	< 3	3 – 25	> 25
<i>Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan (administrative) sesuai PP. No. 26/1985 : Jalan Nasional, Jalan Propinsi, Jalan Kabupaten/Kotamadya, Jalan Desa dan Jalan Khusus</i> Keterangan : Datar (D), Perbukitan (B) dan Pegunungan (G)									

Dari TPGJAK

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

- Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas :

- 1) Jalan arteri
- 2) Jalan kolektor
- 3) Jalan lokal

Jalan Arteri : Jalan yang melayani angkutan umum dengan cirri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

Jalan kolektor : Jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

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

- Klasifikasi Jalan Umum Berdasarkan Pengawasan dan Pendanaan :

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No.26/1985 adalah :

(1) Termasuk kelompok Jalan Nasional adalah :

- a. Jalan Arteri Primer;
- b. Jalan Kolektor Primer yang menghubungkan antar ibukota propinsi;
- c. Jalan selain daripada yang termasuk dalam huruf a dan huruf b, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan nasional.

(2) Penetapan status suatu jalan sebagai Jalan Nasional, dilakukan dengan Keputusan Menteri.

Pasal 44

(1) Termasuk kelompok Jalan Propinsi adalah :

- a. Jalan Kolektor Primer yang menghubungkan ibukota propinsi dengan ibukota kabupaten/kotamadya;
- b. Jalan Kolektor Primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten/kotamadya;
- c. Jalan selain daripada yang termasuk dalam huruf a dan huruf b, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan propinsi;
- d. Jalan dalam Daerah Khusus Ibukota Jakarta, kecuali jalan sebagaimana dimaksud dalam

Pasal 43.

(2) Penetapan status suatu jalan sebagai Jalan Propinsi dilakukan dengan Keputusan Menteri Dalam Negeri atas usul Pemerintah Daerah Tingkat I yang bersangkutan, dengan memperhatikan pendapat Menteri.

Pasal 45

- (1) Termasuk kelompok Jalan Kabupaten adalah :
 - a. Jalan Kolektor Primer yang tidak termasuk dalam Pasal 43 dan Pasal 44;
 - b. Jalan Lokal Primer;
 - c. Jalan Sekunder lain selain sebagaimana dimaksud dalam Pasal 43 dan Pasal 44;
 - d. Jalan selain daripada yang termasuk dalam huruf a, huruf b, dan huruf c yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan kabupaten.
- (2) Penetapan status suatu jalan sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) huruf a, huruf b, dan huruf c, sebagai Jalan Kabupaten dilakukan dengan Keputusan Gubernur Kepala Daerah, Tingkat I, atas usul Pemerintah Daerah Tingkat II yang bersangkutan dengan memperhatikan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri.
- (3) Penetapan status suatu ruas jalan sebagai Jalan Kabupaten sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) huruf d, dilakukan dengan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I atas usul Pemerintah Daerah Tingkat II yang bersangkutan, dengan memperhatikan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri.

Pasal 46

- (1) Termasuk kelompok Jalan Kotamadya adalah jaringan jalan sekunder di dalam kotamadya.
- (2) Penetapan status suatu ruas Jalan Arteri Sekunder sebagai Jalan Kotamadya dilakukan dengan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I atas usaha Pemerintah Daerah Kotamadya yang bersangkutan dengan memperhatikan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri.
- (3) Penetapan status suatu ruas Jalan Kolektor Sekunder sebagai Jalan Kotamadya dilakukan dengan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I atas usul Pemerintah Daerah Kotamadya yang bersangkutan dengan memperhatikan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri.
- (4) Penetapan status suatu ruas Jalan Lokal Sekunder sebagai Jalan Kotamadya dilakukan dengan Keputusan Walikotamadya Kepala Daerah Tingkat II.

Pasal 47

- (1) Termasuk kelompok Jalan Desa adalah jaringan jalan sekunder di dalam desa.
- (2) Penetapan status suatu ruas jalan sebagai Jalan Desa dilakukan dengan Keputusan Bupati Kepala Daerah Tingkat II dengan memperhatikan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri.

Pasal 48

- (1) Termasuk kelompok Jalan Khusus adalah jalan yang dibangun dan dipelihara oleh Instansi/Badan Hukum/Perorangan untuk melayani kepentingan masing-masing.
- (2) Penetapan status suatu ruas Jalan Khusus dilakukan oleh Instansi/Badan Hukum/Perorangan yang memiliki ruas jalan khusus tersebut dengan memperhatikan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri.

(Sumber :Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 1985)

2.2 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

2.2.1 Kendaraan Rencana

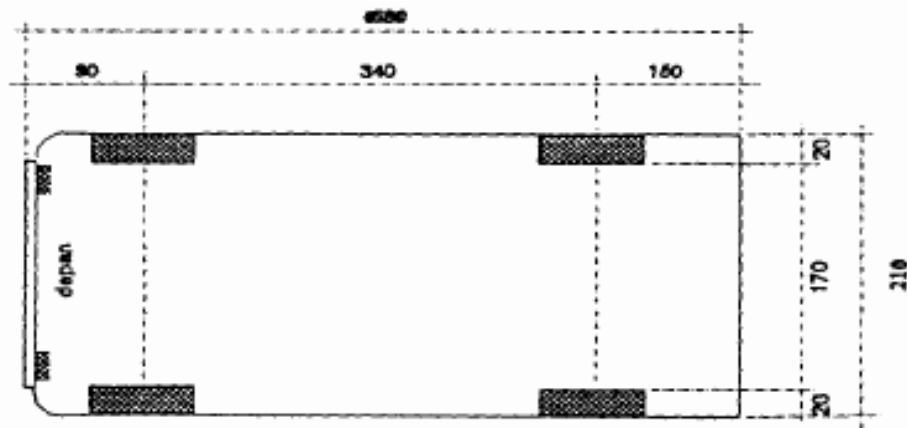
Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya, dipergunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi perencanaan tikungan, dan lebar median dimana mobil diperkenankan untuk memutar (*U turn*). Daya kendaraan akan mempengaruhi tingkat kelandaian yang dipilih, dan tingkat tempat duduk pengemudi akan mempengaruhi jarak pandangan pengemudi. Kendaraan rencana mana yang akan dipilih sebagai dasar perencanaan geometric jalan ditentukan oleh fungsi jalan dan jenis kendaraan dominan yang memakai jalan tersebut. Pertimbangan biaya tentu juga ikut menentukan kendaraan rencana yang dipilih sebagai criteria perencanaan.

(Sumber : Sukirman, Silvia. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*.1999)

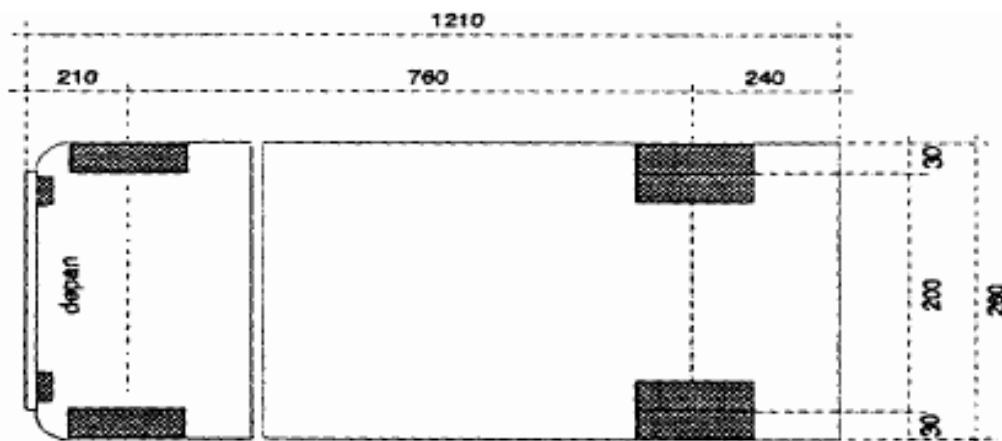
Tabel 2.2 Dimensi Kendaraan Rencana

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

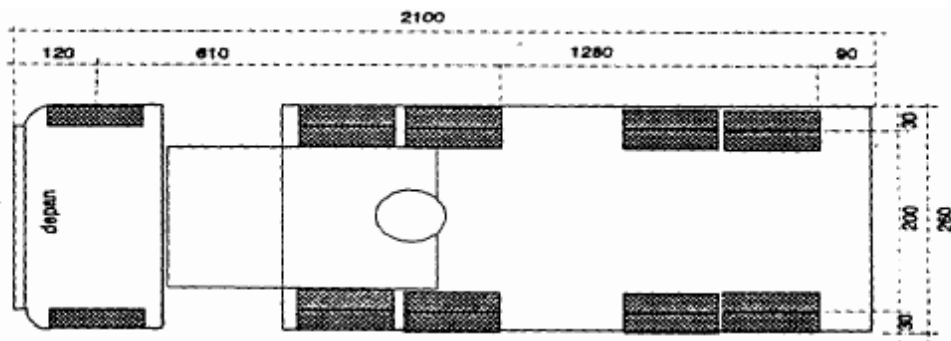
(Sumber: TPGJAK,1997)



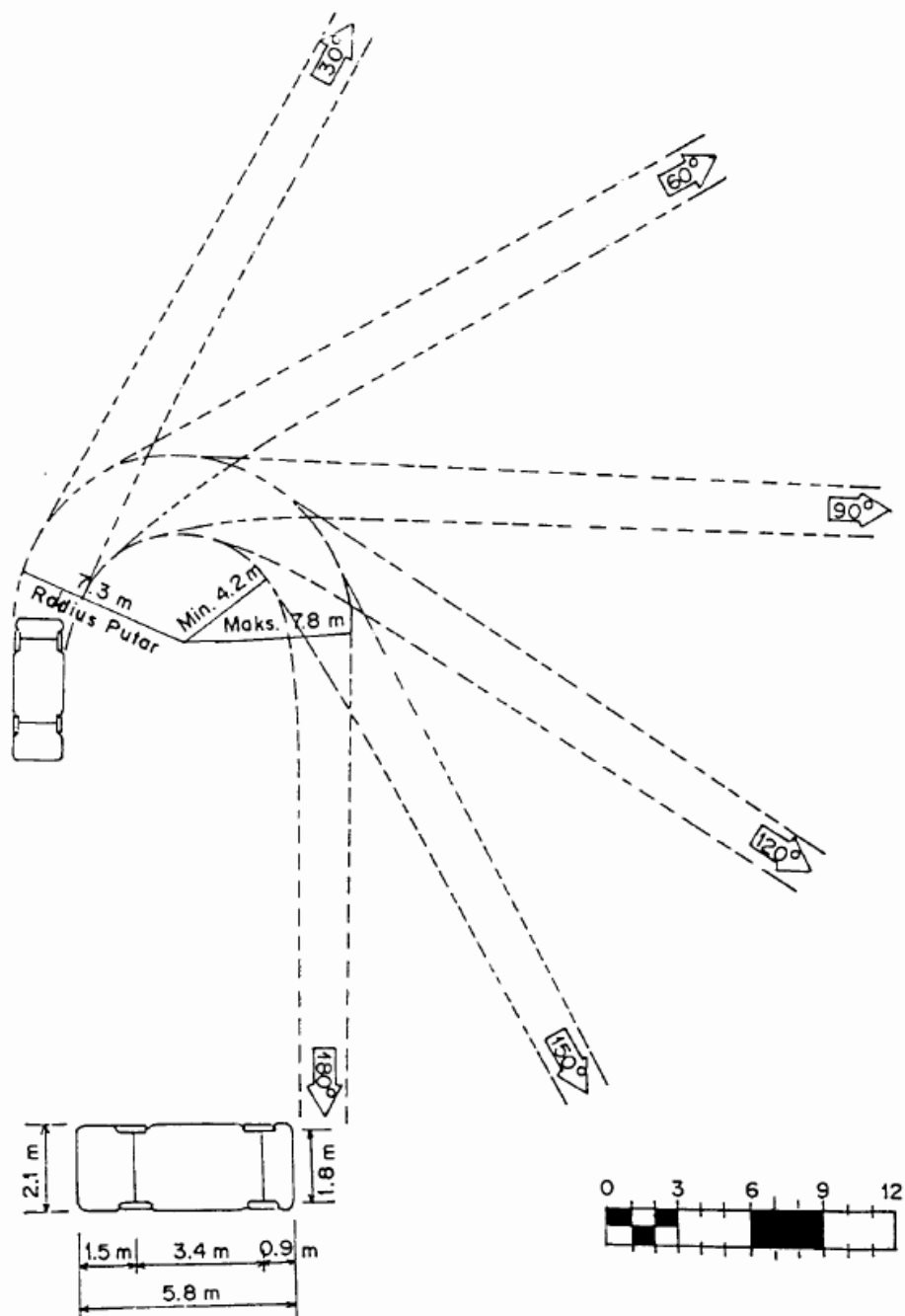
Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil



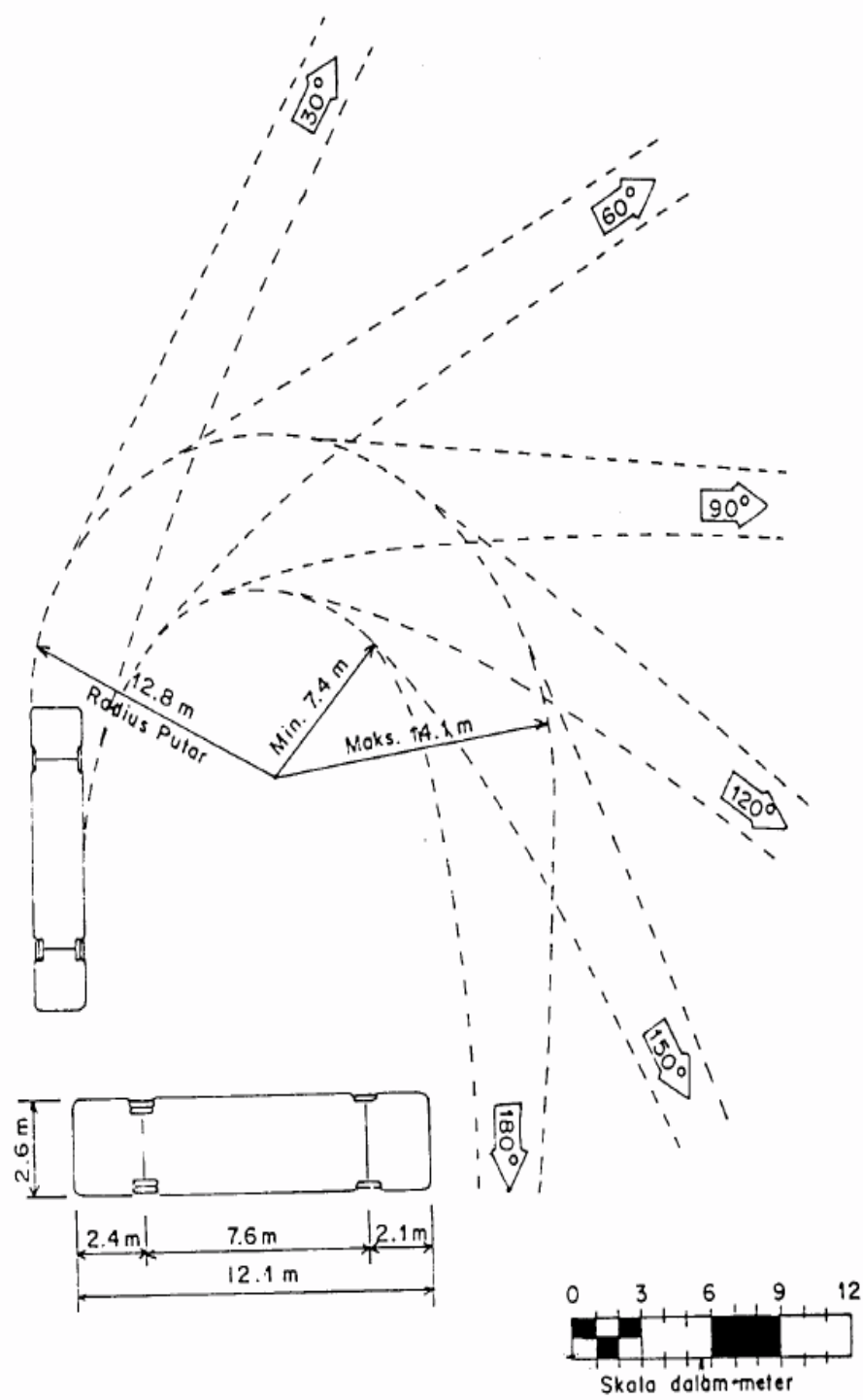
Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang



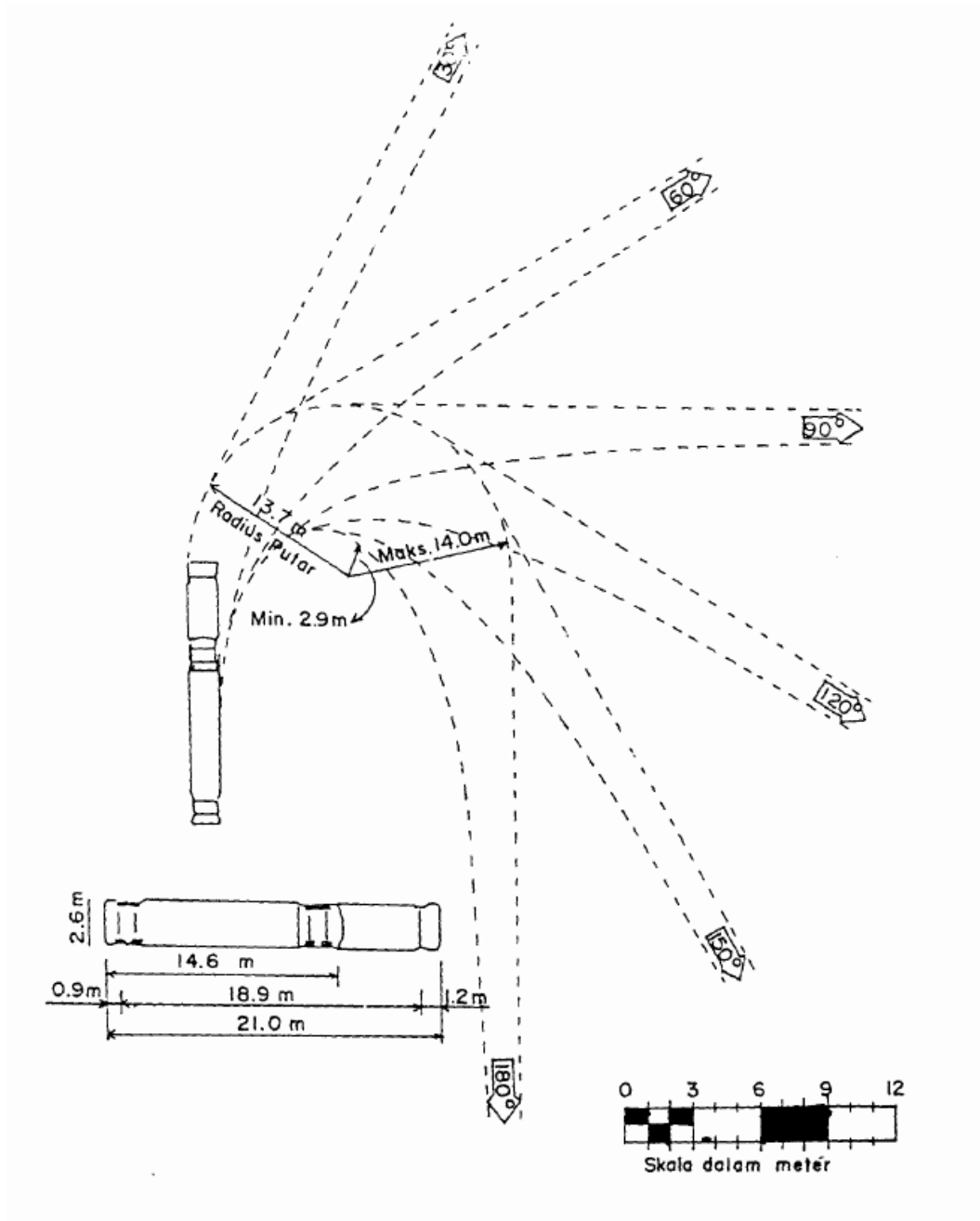
Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar



Gambar 2.4 Jari-Jari Maneuver Kendaraan Kecil



Gambar 2.5 Jari-Jari Maneuver Kendaraan Sedang



Gambar 2.6 Jari Jari Maneuver Kendaraan Besar

(Sumber: TPGJAK,1997)

2.2.2 Satuan Mobil Penumpang

Tabel 2.3 Ekuivalen Mobil Penumpang

No.	Jenis Kendaraan	Datar/ Perbukitan	Pegunungan
1.	Sedan, Jeep, Station Wagon	1,0	1,0
2.	Pick-up, Bus Kecil, Truck Kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3.	Bus dan Truck Besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

(Sumber: TPGJAK, 1997)

2.2.3 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti, tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan.

(Sumber : Sukirman, Silvia. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*.1999)

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana adalah :

1. Keadaan *terrain*, apakah datar, berbukit atau gunung

Keseimbangan antara fungsi jalan dan keadaan medan akan menentukan biaya pembangunan jalan tersebut. Medan dikatakan datar jika kecepatan kendaraan truk sama atau mendekati kecepatan mobil penumpang. Medan dikatakan daerah perbukitan jika kecepatan kendaraan truck berkurang sampai dibawah kecepatan mobil penumpang, tetapi belum merangkak sedangkan medan dikatakan pegunungan jika kecepatan kendaraan truck berkurang banyak sehingga truck tersebut merangkak melewati jalan tersebut dengan frekuensi yang sering. Medan datar, perbukitan dan pegunungan dapat dibedakan dari data besarnya kemiringan melintang rata-rata dari potongan

melintang tegak lurus sumbu jalan. spesifikasi standar untuk perencanaan geometrik jalan luar kota dari Bipran, Bina Marga (Rancangan Akhir) memberikan ketentuan sebagai berikut:

<u>Jenis Medan</u>	<u>Kemiringan melintang rata-rata</u>
<i>Datar</i>	<i>0 – 9,9 %</i>
<i>Perbukitan</i>	<i>10 – 24,9 %</i>
<i>Pegunungan</i>	<i>> 25,0 %</i>

(Sumber : Sukirman, Silvia. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*.1999)

2. Sifat dan tingkat penggunaan daerah

Kecepatan rencana yang diambil akan lebih besar untuk jalan luar kota daripada di daerah kota. Jalan raya dengan volume tinggi dapat direncanakan dengan kecepatan tinggi, karena penghematan biaya operasi kendaraan dan biaya akibat diperlukannya tambahan biaya untuk pembebasan tanah dan konstruksi. Tetapi sebaliknya, jalan raya dengan volume lalu lintas rendah tidak dapat direncanakan dengan kecepatan rencana rendah karena pengemudi memilih kecepatan bukan berdasarkan volume lalu lintas saja, tetapi juga berdasarkan batasan fisik.

(Sumber : Sukirman, Silvia. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*.1999)

Tabel 2.4 Kecepatan rencana, V_R

Fungsi	Kecepatan Rencana, V_R , km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

(Sumber : TPGJAK, 1997)

2.2.4 Volume Lalu lintas Rencana

Satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar lajur adalah ;

- Lalulintas Harian Rata-rata
- Volume Jam Perencanaan
- Kapasitas

1. Lalu Lintas Harian Rata – Rata

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal 2 jenis lalu lintas harian rata-rata, yaitu Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) dan Lalu Lintas Harian (LHR).

LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365}$$

LHRT dinyatakan dalam SMP/hari/2 arah atau kendaraan/hari/2arah untuk 2 jalur 2 arah, SMP/hari/1 arah atau kendaraan/hari/1 arah untuk jalan berlajur banyak dengan median.

Untuk dapat menghitung LHRT harusnya tersedia data jumlah kendaraan yang terus menerus selama 1 tahun penuh. Mengingat akan biaya yang diperlukan dan membandingkan dengan ketelitian yang dicapai serta tak semua tempat di Indonesia mempunyai data volume lalu lintas selama 1 tahun, maka untuk kondisi tersebut dapat digunakan satuan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR).

LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$LHR = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}}$$

Data LHR ini cukup teliti jika :

- a. Pengamatan dilakukan pada interval-interval waktu yang cukup menggambarkan fluktuasi arus lalu lintas selama 1 tahun.
- b. Hasil LHR yang dipergunakan adalah harga rata-rata dari perhitungan LHR beberapa kali.

2. Volume Jam Perencanaan

Volume 1 jam yang dapat dipergunakan sebagai VJP haruslah sedemikian rupa sehingga :

- a. Volume tersebut tidak boleh sering terdapat pada distribusi arus lalu lintas setiap jam untuk periode satu tahun.
- b. Apabila terdapat volume arus lalu lintas per jam yang melebihi volume jam perencanaan, maka kelebihan tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang terlalu besar.
- c. Volume tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang sangat besar, sehingga akan mengakibatkan jalan akan menjadi lenggang dan biayanya pun mahal.

(Sumber : Sukirman, Silvia. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*.1999)

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F}$$

(Sumber : TPGJAK,1997)

Tabel 2.5 Penentuan Faktor K dan Faktor F Berdasarkan VLHR

VLHR	Faktor K (%)	Faktor F (%)
>50.000	4-6	0,9 – 1
30.000 – 50.000	6 – 8	0,8 – 1
10.000 – 30.000	6 – 8	0,8 – 1
5.000 – 10.000	8 – 10	0,6 – 0,8
1.000 – 5.000	10 – 12	0,6 – 0,8
< 1.000	12 – 16	< 0,6

(Sumber : TPGJAK, 1997)

3. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah volume lalu lintas maksimum (mantap) yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (misalnya : rencana geometric, lingkungan, komposisi lalu lintas dan sebagainya).

Catatan : (Biasanya dinyatakan dalam kend/jam atau smp/jam). Kapasitas harian sebaiknya tidak digunakan sebagai ukuran karena akan bervariasi sesuai dengan faktor-K.

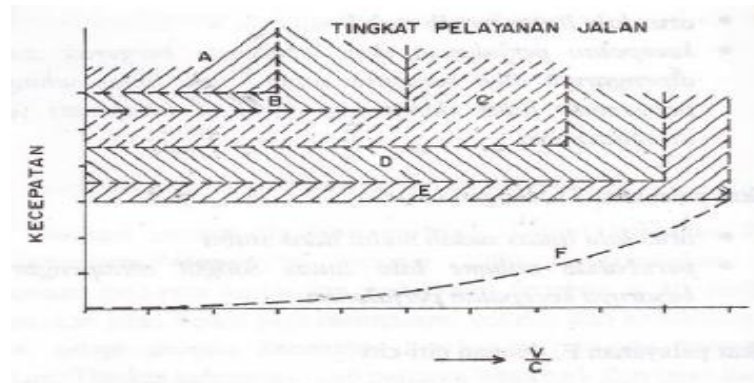
(Sumber : Hendarsin, Shirley L. *Perencanaan Teknik Jalan Raya*. 2000)

A. Tingkat pelayanan (*Level of service*)

Highway Capacity Manual, membagi tingkat pelayanan jalan atas 6 keadaan yaitu :

- a. Tingkat pelayanan A, dengan ciri-ciri :
 - Arus lalu lintas bebas tanpa hambatan
 - Volume dan kepadatan lalu lintas rendah

- Kecepatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi
- b. Tingkat pelayanan B, dengan ciri-ciri :
- Arus lalu lintas stabil
 - Kecepatan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalu lintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi
- c. Tingkat pelayanan C, dengan ciri-ciri :
- Arus lalu lintas masih stabil
 - Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkan
- d. Tingkat pelayanan D, dengan ciri-ciri :
- Arus lalu lintas sudah mulai tidak stabil
 - Perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan
- e. Tingkat pelayanan E, dengan ciri-ciri :
- Arus lalu lintas sudah tidak stabil
 - Volume kira-kira sudah sama dengan kapasitas
 - Sering terjadi kemacetan
- f. Tingkat pelayanan F, dengan ciri-ciri :
- Arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah
 - Seringkali terjadi keacetan
 - Arus lalu lintas rendah



Gambar 2.7 Tingkat Pelayanan Jalan

(Sumber : Sukirman, Silvia. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*.1999)

B. Jarak Pandang

Jarak pandang berguna untuk :

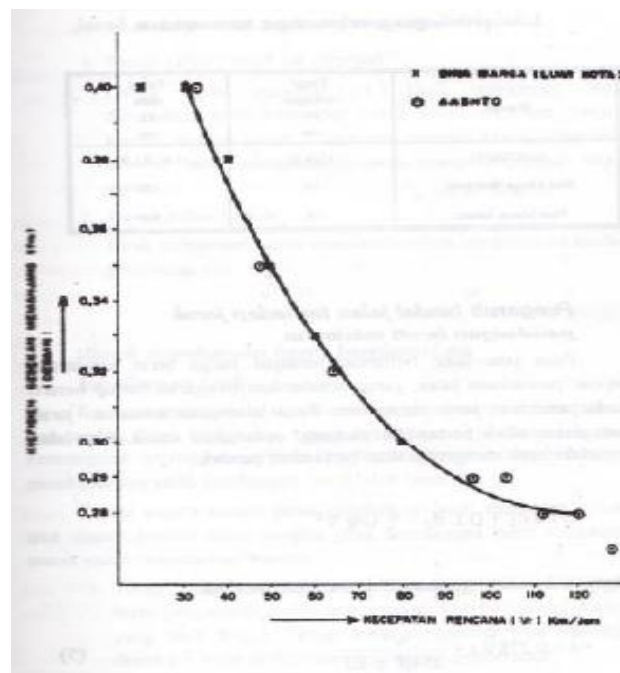
1. Menghindarkan terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan pada lajur jalannya.
2. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan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

(Sumber : Sukirman, Silvia. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*.1999)

Tabel 2.6 Jarak Pandangan Henti Minimum

Kecepatan Rencana Km/jam	Kecepatan Jalan Km/jam	Fm	d perhitungan untuk Vr m	d perhitungan untuk Vj m	d desain m
30	27	0,400	29,71	25,94	25 - 30
40	36	0,375	44,60	38,63	40 - 45
50	45	0,350	62,87	54,05	55 - 65
60	54	0,330	84,65	72,32	75 - 85
70	63	0,313	110,28	93,71	95 - 110
80	72	0,300	139,59	118,07	120 - 140
100	90	0,285	207,64	174,44	175 - 210
120	108	0,280	285,87	239,06	240 - 285

(Sumber : Sukirman, Silvia. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*.1999)



Gambar 2.8 Koefisien Gesekan Memanjang Jalan

Tinggi rintangan pada lajur jalan dan tinggi matapengemudi diukur dari tempat duduk pengemudi mobil penumpang sesuai yang diberikan oleh AASHTO'90, Bina Marga (*urban*), dan Bina Marga (luar kota):

Tabel 2.7 Tinggi Rintangan dan Mata Pengemudi

<i>Standar</i>	<i>Tinggi rintangan h1 cm</i>	<i>Tinggi mata h2 cm</i>
AASHTO'90	15 (6 ft)	106 (3,5 ft)
Bina Marga (luar kota)	10	120
Bina Marga (<i>urban</i>)	10	100

(Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan, 1999)

- Pengaruh landai jalan terhadap jarak pandangan henti minimum

Pada jalan-jalan berlandai terdapat harga berat kendaraan sejajar permukaan jalan mengerem. Pada jalan-jalan menurun jarak mengerem akan bertambah panjang, sedangkan untuk jalan-jalan mendaki jarak mengerem akan bertambah pendek.

$$G f m d_2 \pm G L d_2 = \frac{1}{2} \frac{G}{g} V^2$$

Dengan demikian rumus diatas akan menjadi:

$$d = 0,278 V \cdot t + \frac{V^2}{254 (f \pm L)}$$

Dimana :

L = adalah besarnya landai jalan dalam decimal

+ = untuk pendakian

- = untuk penurunan

Pertimbangan-pertimbangan penentuan besarnya jarak mengerem pada jalan yang berlandai

1. untuk jalan 2 arah tak terpisah

Untuk landai menurun ($-L$) jarak mengerem yang dibutuhkan lebih besar dari untuk landai mendaki. Tetapi karena dipakai untuk 2 arah tak terpisah maka sebaiknya diambil jarak mengerem = jarak mengerem untuk jalan datar.

2. untuk jalan 1 arah

Jarak mengerem harus dipertimbangkan berdasarkan landai jalan yang ada.

(Sumber : Sukirman, Silvia. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. 1999)

2.3 Alinemen Horizontal

Pada perencanaan alinemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu bagian lurus dan bagian lengkung atau umumnya disebut tikungan yang terdiri dari 3 jenis tikungan yang digunakan, yaitu :

- Lingkaran (*full circle = FC*)
- Spiral – lingkaran – spiral (*Spiral – Circle – Spiral = S-C-S*)
- Spiral – spiral (*S-S*)

2.3.1 Bagian Lurus

Panjang maksimum bagian lurus, harus dapat ditempuh dalam waktu \leq 2,5 menit (sesuai V_R), dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan.

Tabel 2.8 Panjang bagian lurus maksimum dari TPGJAK,

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

2.3.2 Tikungan

1. Jari-jari minimum

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

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

Rumus umum lengkung horizontal adalah :

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

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

Dimana :

R = jari-jari lengkung, (m)

D = derajat lengkung, ($^\circ$)

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

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 (e_{mak} + f_{mak})}$$

$$D_{mak} = \frac{181913,53 (e_{mak} + f_{mak})}{V^2}$$

Dimana :

- R_{min} = jari-jari tikungan minimum, (m)
- V_R = kecepatan kendaraan rencana, (km/jam)
- e_{mak} = superelevasi maksimum, (%)
- f_{mak} = koefisien gesekan melintang maksimum
- D = derajat lengkung
- D_{mak} = derajat maksimum

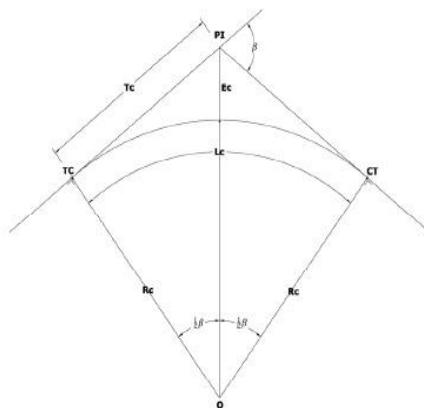
(Sumber : Hendarsin, Shirley L. *Perencanaan Teknik Jalan Raya*. 2000)

Tabel 2.9 Panjang jari-jari minimum untuk $e_{mak} = 10\%$

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

(Sumber: Perencanaan Teknik Jalan Raya,2000)

2. Bentuk Busur Lingkaran



Gambar 2.9 Komponen FC

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

Tabel 2.10 Jari-Jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung peralihan

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya,2000)

$$Tc = Rc \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$Ec = Tc \tan \frac{1}{4} \Delta$$

$$Lc = \frac{\Delta 2\pi Rc}{360^\circ}$$

3. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \infty \rightarrow R = Rc$), jadi lengkung peralihan diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk spiral (*clothoid*) banyak juga digunakan juga oleh Bina Marga.

Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis S-C-S.

Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan di bawah ini :

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

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

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

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c C} - 2,727 \frac{V_R e}{C}$$

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 r_e} V_R$$

Dimana :

T = waktu tempuh = 3 detik

R_c = jari-jari busur lingkaran, (m)

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

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

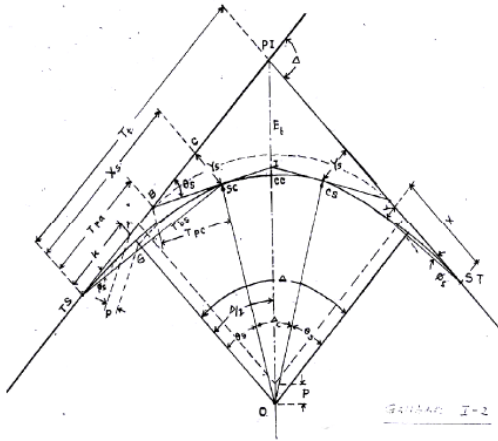
- Untuk $V_R \leq 70$ km/jam $\rightarrow r_e \text{ mak} = 0,035$ m/m/det

- Untuk $V_R \geq 80$ km/jam $\rightarrow r_e \text{ mak} = 0,025$ m/m/det

e = superelevasi

e_m = superelevasi maksimum

e_n = superelevasi normal



Gambar 2.10 Komponen S-C-S

keterangan :

- X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan).
- Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung.
- L_s = panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke Sc atau CS ke ST).
- L_c = panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS).
- T_s = panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST.
- TS = titik dari tangen ke spiral.
- SC = titik dari spiral ke lingkaran
- E_s = jarak dari PI ke busur lingkaran
- θ_s = sudut lengkung spiral
- R_c = jari-jari lingkaran
- P = pergeseran tangen terhadap spiral
- k = absis dari p pada garis tangen spiral

- Rumus yang digunakan

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R_c^2} \right)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 R_c}$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c}$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s$$

$$T_s = (R + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s$$

Jika diperoleh $L_c < 25$ m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk S-C-S, tetapi digunakan lengkung S-S, yaitu lengkung yang terdiri dari dua lengkung peralihan.

Jika p yang dihitung dengan rumus dibawah ini, maka ketentuan tikungan yang digunakan bentuk FC.

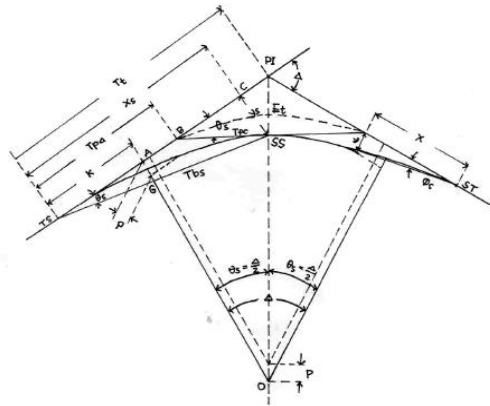
$$p = \frac{L_s^2}{24 R_c} < 0,25 \text{ m}$$

Untuk : $L_s = 1,0$ m, maka $p = p'$ dan $k = k'$

Untuk $L_s = L_s$, maka $p = p' \times L_s$ dan $k = k' \times L_s$

Nilai p' dan k'

4. Bentuk lengkung peralihan (S-S)



Gambar 2.11 Komponen S-S

Untuk bentuk spiral-spiral ini berlaku rumus :

$$L_c = 0 \quad \text{dan} \quad \theta_s = \frac{1}{2} \Delta$$

$$L_{tot} = 2 L_s$$

Untuk menentukan θ_s dapat menggunakan rumus :

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90}$$

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

2.3.3 Pencapaian Superelevasi

- Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- 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).
- Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3} L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3} L_s$.
- Pada tikungan S – S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- Superelevasi tidak diperlukan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetep lereng normal (LN).

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

2.3.4 Landai relatif

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relative. Persentase kelandaian ini disesuaikan dengan kecepatan rencana dan jumlah lajur yang ada.

$$\frac{1}{m} = \frac{(e + en)B}{L_s}$$

Dimana :

$1/m$ = landai relative, (%)

e = superelevasi, (m/m')

e_n = kemiringan melintang normal, (m/m')

B = lebar lajur, (m)

Tabel 2.11 Landai Relatif maksimum (untuk 2/2 TB)

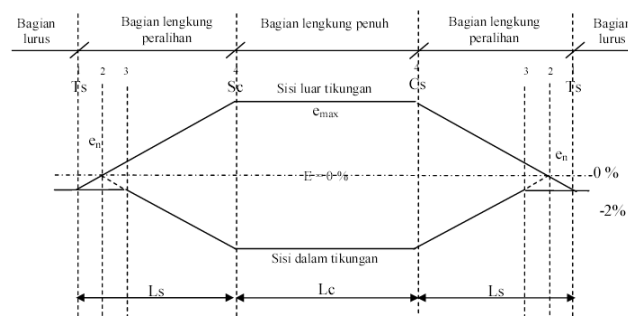
VR (km/jam)	20	30	40	50	60	80
Kemiringan maksimum	1/50	1/75	1/100	1/115	1/125	1/150

(Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

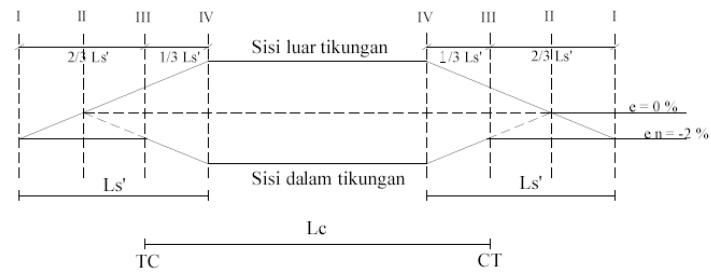
2.3.5 Diagram superlevasi

1. Metoda

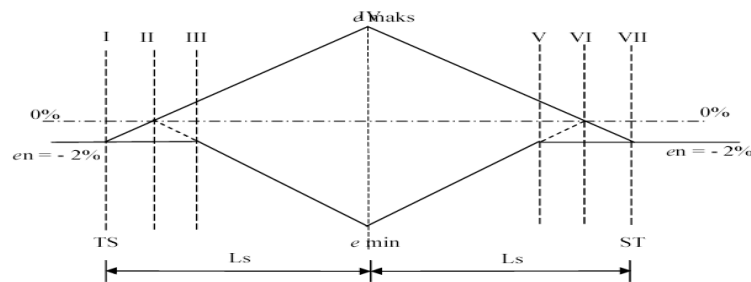
Metoda untuk melintang superelevasi yaitu merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja.



Gambar 2.12 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe S-C-S



Gambar 2.13 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe FC



Gambar 2.14 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan Tipe S-S

Ada 3 cara untuk mendapatkan superelevasi yaitu :

- Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar

2. Diagram

Pembuatan diagram superelevasi antara cara AASHTO dan cara Bina Marga ada sedikit perbedaan, yaitu :

- Cara AASHTO, penampang melintang sudah mulai berubah pada titik TS
- Cara Bina Marga, penampang melintang pada titik TS masih berupa penampang melintang normal

2.3.6 Pelebaran tikungan

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

Penentuan lebar pelebaran jalur lalu lintas di tikungan ditinjau dari elemen-elemen : keluar lajur (*off tracking*) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan.

Tabel 2.12 Pelebaran di Tikungan per lajur (m) untuk lebar jalur 2 x B m, 2 arah atau 1 arah

R (m)	Kecepatan rencana, VR (km/jam)															
	50		60		70		80		90		100		110		120	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	
1500	0.3	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.5	0.0	0.6	0.0	0.1	
1000	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.6	0.2	0.2	
750	0.6	0.0	0.6	0.0	0.7	0.1	0.7	0.1	0.7	0.1	0.8	0.2	0.8	0.3	0.3	
500	0.8	0.2	0.9	0.3	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5	1.0	0.5		
400	0.9	0.3	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5	1.1	0.5				
300	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5	0.5							
250	1.0	0.4	1.1	0.5	1.1	0.5	1.2	0.6								
200	1.2	0.6	1.3	0.7	1.3	0.8	1.4									
150	1.3	0.7	1.4	0.8												
140	1.3	0.7	1.4	0.8												
130	1.3	0.7	1.4	0.8												
120	1.3	0.7	1.4	0.8												
110	1.3	0.7														
100	1.4	0.8														
90	1.4	0.8														
80	1.6	1.0														
70	1.7	1.0														

(Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

Ket :

Kolom 1, untuk (B) = 3,00 m

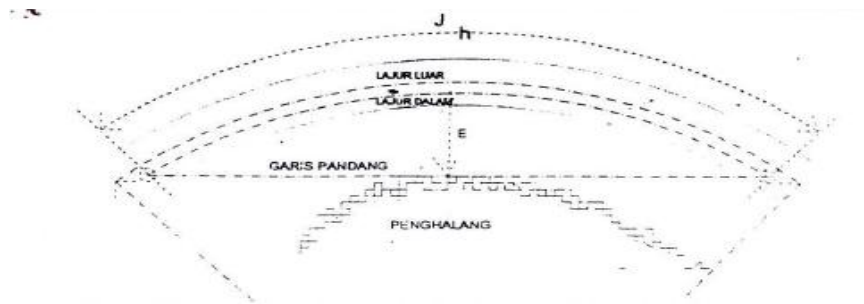
Kolom 3, untuk (B) = 3,50 m

2.3.7 Daerah bebas samping tikungan

- Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga Jh dipenuhi.
- Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan Jh dipenuhi
- Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut :

1. Jika $Jh < Lt$:

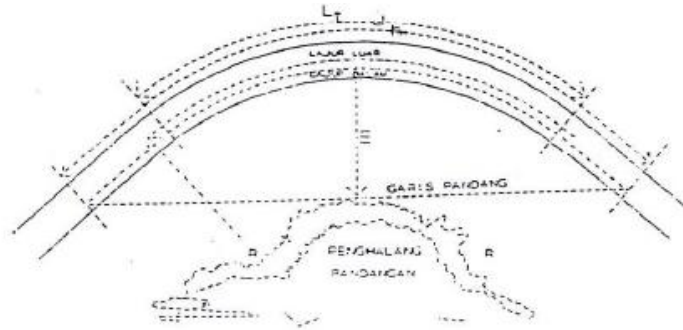
$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 Jh}{R'} \right)$$



Gambar 2.15 Daerah Bebas Samping di Tikungan, untuk $Jh < Lt$

2. Jika $Jh > Lt$:

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 Jh}{R'} \right) + \left(\frac{Jh - Lt}{2} \sin \frac{28,65 Jh}{R'} \right)$$



Gambar 2.16 Daerah Bebas Samping di Tikungan, untuk $J_h > L_t$

Dimana :

R = jari-jari tikungan (m)

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

J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = panjang tikungan (m)

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

2.4 Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal adalah perpotongan bidang vertical dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median. Seringkali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan.

Di daerah perbukitan atau pegunungan diusahakan banyaknya pekerjaan galian seimbang dengan pekerjaan timbunan, sehingga secara keseluruhan biaya yang dibutuhkan tetap dapat dipertanggung jawabkan. Jalan yang terletak di atas lapisan tanah yang lunak harus pula diperhatikan akan kemungkinan besarnya penurunan dan perbedaan penurunan yang mungkin terjadi. Dengan demikian

penarikan alinemen vertical sangat dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan seperti.

- Kondisi tanah dasar
- Keadaan medan
- Fungsi jalan
- Muka air banjir
- Muka air tanah
- Kelandaian yang masih memungkinkan.

Perlu pula diperhatikan bahwa alinemen vertical yang direncanakan itu akan berlaku untuk masa panjang, sehingga sebiknya alinemen vertikal yang dipilih tersebut dapat dengan mudah mengikuti perkembangan lingkungan.

Alinemen vertical disebut juga penampang memanjang jalan yang terdiri dari garis-garis lurus dan garis-garis lengkung. Garis lurus tersebut dapat datar, mendaki atau menurun, biasa disebut berlandai. Landai jalan dinyatakan dengan persen.

Pada umumnya gambar rencana suatu jalan dibaca dari kiri ke kanan, maka landai jalan diberi tanda positif untuk pendakian dari kiri ke kanan, dan landai negative untuk penurunan dari kiri. Pendakian dan penurunan member efek yang berarti terhadap gerak kendaraan.

- Landai minimum

Berdasarkan kepentingan arus lalu lintas, landai ideal adalah landai datar (0 %). Sebaliknya dari kepentingan drainase jalan, jalan berlandailah yang ideal

Dalam perencanaan disarankan menggunakan

1. Landai datar untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan yang tidak mempunyai kereb. Lereng melintang jalan dianggap cukup untuk mengalirkan air di atas badan jalan dan kemudian ke lereng jalan.
2. Landai 0,15 % dianjurkan untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan mempergunakan kereb. Kelandaian ini cukup membantu mengalirkan air hujan ke inlet atau saluran pembuangan.
3. Landai minimum sebesar 0,3 – 0,5 % dianjurkan dipergunakan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kereb. Lereng melintang hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping.

Landai maksimum yaitu kelandaian 3 % mulai memberikan pengaruh kepada gerak kendaraan mobil penumpang, walupun tidak seberapa dibandingkan dengan gerakan kendaraan truk yang terbebani penuh. Pengaruh dari adanya kelandaian ini dapat terlihat dari berkurangnya kecepatan jalan kendaraan atau mulai dipergunakan gigi rendah. Kelandaian tertentu masih dapat diterima jika kelandaian tersebut mengakibatkan kecepatan jalan tetap lebih besar dari setengah kecepatan rencana. Untuk membatasi pengaruh perlamabatan kendaraan truk terhadap arus lalu lintas, maka ditetapkan landai maksimum untuk kecepatan rencana tertentu. Bina Marga (luar kota) menetapkan atas kelandaian maksimum, yang dibedakan atas kelandaian maksimum standard an kelandaian maksimum mutlak. Jika tidak terbatas oleh kondisi keuangan, maka sebaiknya dipergunakan kelandaian standar. AASHTO membatasi kelandaian maksimum berdasarkan keadaan medan apakah datar, perbukitan ataukah pegunungan.

- Panjang kritis suatu kelandaian
Landai maksimum saja tidak cukup merupakan factor penentu dalam perencanaan alinemen vertical, karena jarak yang pendek memberikan factor

pengaruh yang berbeda dibandingkan dengan jarak yang panjang pada kelandaian yang sama. Kelandaian besar akan mengakibatkan penurunan kecepatan truk yang cukup berarti jika kelandaian tersebut dibuat pada panjang jalan yang cukup panjang, tetapi kurang berarti jika panjang jalan dengan kelandaian tersebut hanya pendek saja.

Tabel 2.13 Kelandaian Maksimum Jalan

Kecepatan km/jam	Jalan Arteri Luar Kota (AASHTO'90)			Jalan antar kota (Bina Marga)	
	datar	perbukitan	pegunungan	Kelandaian maksimum standar (%)	Kelandaian maksimum mutlak (%)
40				7	11
50				6	10
64	5	6	8		
60				5	9
80	4	5	7	4	8
96	3	4	6		
113	3	4	5		

Batas kritis umumnya diambil jika kecepatan truk berkurang mencapai 30 – 75 % kecepatan rencana, atau kendaraan terpaksa mempergunakan gigi rendah. Pengurangan kecepatan truk dipengaruhi oleh besarnya kecepatan rencana dan kelandaian. Kelandaian pada kecepatan rencana yang tinggi akan mengurangi kecepatan truk sehingga berkisar anatar 30 – 50 % kecepatan rencana selama 1 menit perjalanan. Tetapi pada kecepatan rencana yang rendah, kelandaian tidak begitu mengurangi kecepatan truk. Kecepatan truk selama 1 menit perjalanan pada kelandaian ± 10 %, dapat mencapai 75% kecepatan rencana.

Tabel 2.18 memberikan panjang kritis yang disarankan oleh Bina Marga (luar Kota), yang merupakan kira-kira panjang 1 menit perjalanan, dan truk bergerak dengan beban penuh. Kecepatan truk pada saat mencapai panjang kritis adalah sebesar 15-20 km/jam

Tabel 2.14 Panjang Kritis untuk Kelandaian yang Melebihi Kelandaian Maksimum Standar

KECEPATAN RENCANA (KM/JAM)											
80		60		50		40		30		20	
5%	500m	6%	500m	7%	500m	8%	420m	9%	340m	10%	250m
6%	500 m	7%	500m	8%	420m	9%	340m	10%	250m	11%	250m
7%	500 m	8%	420m	9%	340m	10%	250m	11%	250m	12%	250m
8%	420 m	9%	340m	10%	250m	11%	250m	12%	250m	13%	250m

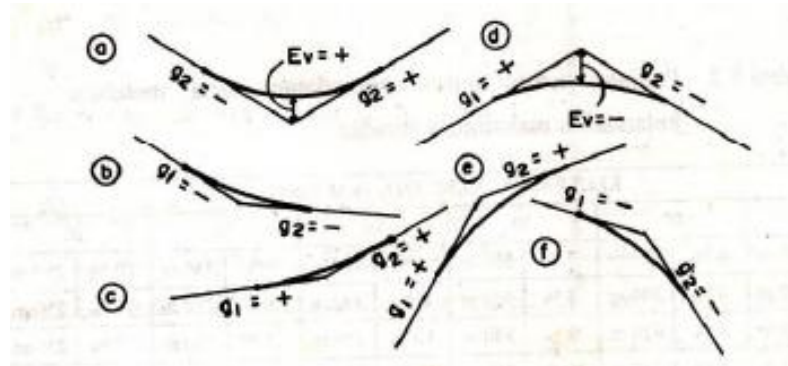
(Sumber : Sukirman, Silvia. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*.1999)

- Lengkung Vertikal

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

Jenis lengkung vertikal dilihat dari letak titik perpotongan kedua bagian lurus (tangen), adalah :

1. Lengkung vertikal cekung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.
2. Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.

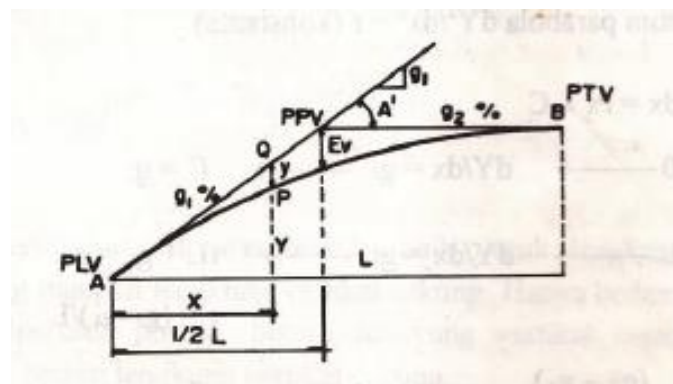


Gambar 2.17 Jenis Lengkung Vertikal Dari Titik Perpotongan Kedua Tangen

Lengkung vertikal tipe a,b dan c dinamakan lengkung vertikal cekung sedangkan lengkung vertikal tipe d,e dan f dinamakan lengkung vertikal cembung.

- Persamaan lengkung vertikal

Bentuk lengkung vertikal yang umum dipergunakan adalah berbentuk lengkung parabola sederhana.



Gambar 2.18 Lengkung Vertikal Parabola

Titik A, titik peralihan dari bagian tangen ke bagian lengkung vertikal. Biasa diberi simpul PLV (peralihan lengkung vertikal). Titik B, titik peralihan

dari bagian lengkung vertikal ke bagian tangen (peralihan tangen vertikal = PTV).

Titik perpotongan kedua bagian tangen diberi nama titik PPV (pusat perpotongan vertikal).

Letak titik-titik pada lengkung vertikal dinyatakan dengan ordinat Y dan X terhadap sumbu koordinat melalui titik A.

Pada penurunan rumus lengkung vertikal terdapat beberapa asumsi yang dilakukan, yaitu :

- Panjang lengkung vertikal sama dengan panjang proyeksi lengkung pada bidang horizontal = L
- Perubahan garis singgung tetap ($d^2Y/dx^2 = r$)

Besarnya kelandaian bagian tangen dinyatakan dengan g_1 dan g_2 . % kelandaian diberi tanda positif jika pendakian, dan diberi tanda negative jika penurunan, yang ditinjau dari kiri.

$$A = g_1 - g_2 \text{ (perlebar aljabar landai)}$$

Ev = pergeseran vertikal dari titik PPv ke bagian lengkung.

$$y = \frac{A}{200 L} x^2$$

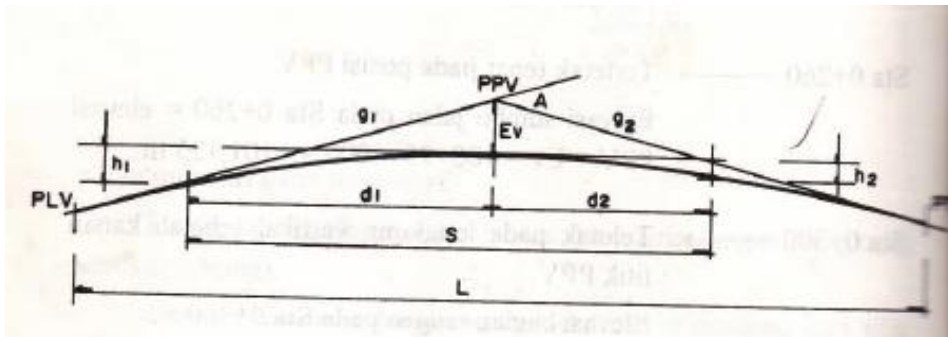
$$Ev = \frac{AL}{800}$$

(Sumber : Sukirman, Silvia. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. 1999)

❖ Lengkung vertikal cembung

Pada lengkung vertikal cembung, pembatasan berdasarkan jarak pandangan dapat dibedakan atas 2 keadaan yaitu :

1. Jarak pandangan berada seluruhnya dalam daerah lengkung ($S < L$).



Gambar 2.19 Jarak Pandangan pada Lengkung Vertikal Cembung ($S < L$)

$v = \frac{Ax^2}{200L}$ atau dapat pula dinyatakan dengan $y = kx^2$, dimana :

$$k = \frac{A}{200L}$$

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan henti menurut Bina Marga, dimana $h_1 = 0,10$ m dan $h_2 = 1,20$ m, maka :

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

$$L = \frac{AS^2}{399} = CAS^2$$

Jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan menyiap menurut Bina Marga, dimana $h_1 = 1,20$ m dan $h_2 = 1,20$ m, maka:

$$L = - \frac{AS^2}{100 (\sqrt{2,40} + \sqrt{2,40})^2}$$

$$L = \frac{AS^2}{960} = CAS^2$$

C = konstanta garis pandangan untuk lengkung vertical cembung
dimana $S < L$

Tabel 2.15 Nilai C untuk Beberapa h_1 dan h_2 berdasarkan AASHTO dan Bina Marga

	AASHTO '90		Bina Marga	
	JPH	JPM	JPH	JPM
Tinggi mata pengemudi (h_1) (m)	1,07	1,07	1,20	1,20
Tinggi objek (h_2) (m)	0,15	1,30	0,10	1,20
Konstanta C	404	946	399	960

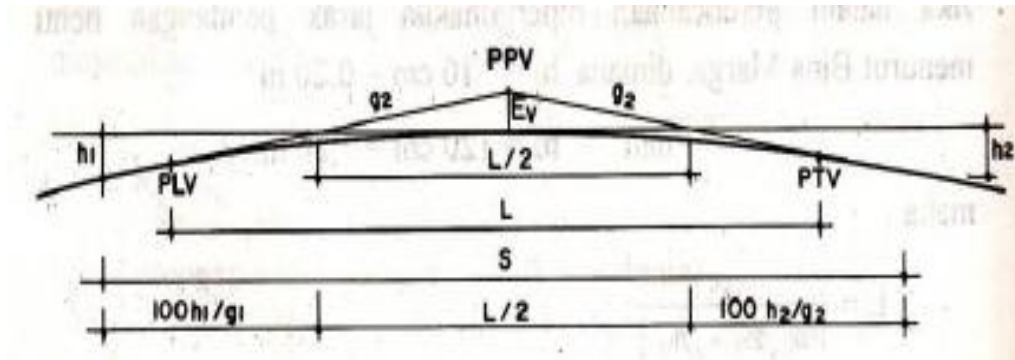
(Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan, 1999)

Keterangan :

JPH : Jarak pandangan henti

JPM : Jarak pandangan menyiap

2. Jarak pandangan berada di luar dan di dalam daerah lengkung ($S > L$)



Gambar 2.20 Jarak Pandangan pada Lengkung Vertikal Cembung ($S > L$)

$$S = \frac{1}{2}L + \frac{100h_1}{g_1} + \frac{100h_2}{g_2}$$

$$L = 2S - \frac{200h_1}{g_1} - \frac{200h_2}{g_2}$$

Panjang lengkung minimum jika $dL/dg = 0$, maka diperoleh :

$$g_2 = g_1 \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

Jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan henti menurut Bina Marga, dimana $h_1 = 0,10$ m dan $h_2 = 1,20$ m, maka :

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{0,10} + \sqrt{1,20})^2}{A}$$

$$L = 2S - \frac{399}{A} = 2S - \frac{C_1}{A}$$

Jika dalam perencanaan dipergunakan jarak pandangan menyiap menurut Bina Marga, dimana $h_1 = 1,20$ m dan $h_2 = 1,20$ m, maka :

$$L = 2S - \frac{200 (\sqrt{1,20} + \sqrt{1,20})^2}{A}$$

$$L = 2S - \frac{960}{A} = 2S - \frac{C_1}{A}$$

C_1 = konstanta garis pandangan untuk lengkung vertikal cembung dimana $S > L$.

Tabel 2.15 Nilai C untuk Beberapa h_1 dan h_2 Berdasarkan AASHTO dan Bina Marga

	AASHTO '90		Bina Marga	
	JPH	JPM	JPH	JPM
Tinggi mata pengemudi (h_1) (m)	1,07	1,07	1,2	1,2
Tinggi objek (h_2) (m)	0,15	1,3	0,1	1,2
Konstanta C_1	404	946	399	960

(Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan,1999)

- Panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan kebutuhan akan drainase

Lengkung vertikal cembung yang panjang dan relatif datar dapat menyebabkan kesulitan dalam masalah drainase jika disepanjang jalan dipasang kerib. Air di samping jalan tidak mengalir lancar. Untuk menghindari hal tersebut di atas panjang lengkung vertikal biasanya dibatasi tidak melebihi 50 A.

Persyaratan panjang lengkung vertikal cembung sehubungan dengan drainase :

$$L = 50 A$$

- Panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan kenyamanan perjalanan.

Panjang lengkung vertikal cembung juga harus baik dilihat secara visual. Jika perbedaan aljabar landai kecil, maka panjang lengkung vertikal

yang dibutuhkan pendek, sehingga alinyemen vertikal tampak melengkung. Oleh karena itu disyaratkan panjang lengkung yang diambil untuk perencanaan tidak kurang dari 3 detik perjalanan.

- Lengkung vertikal cekung

Disamping bentuk lengkung yang berbentuk parabola sederhana, panjang lengkung vertical cekung juga harus ditentukan dengan memperhatikan :

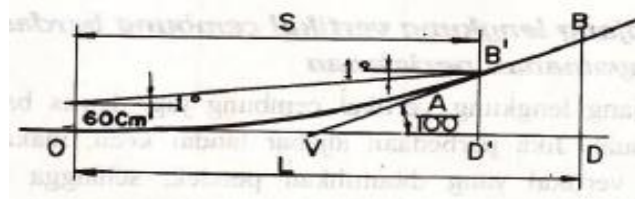
- Jarak penyinaran lampu kendaraan
- Jarak pandangan bebas dibawah bangunan
- Persyaratan drainase
- Kenyamanan mengemudi
- Keluwesan bentuk

- ❖ Jarak penyinaran lampu kendaraan

Jangkauan lampu depan kendaraan pada lengkung vertikal cekung merupakan batas jarak pandangan yang dapat dilihat oleh cekung merupakan batas jarak pandangan yang dapat dilihat oleh pengemudi pada malam hari. Di dalam perencanaan umumnya tinggi lampu dengan diambil setinggi 60 cm, dengan sudut penyebaran sebesar 1° .

Letak penyinaran lampu dengan kendaraan dapat dibedakan atas 2 keadaan :

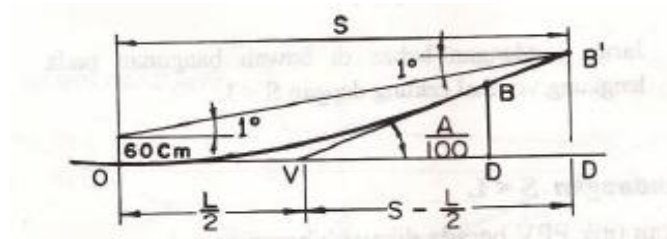
1. Jarak pandangan akibat penyinaran lampu depan $< L$.



Gambar 2.21 Lengkung Vertikal Cekung dengan Jarak Pandangan Penyinaran Lampu Depan $< L$

$$L = \frac{AS^2}{120 + 3,50 S}$$

2. Jarak pandangan akibat penyinaran lampu depan $> L$.



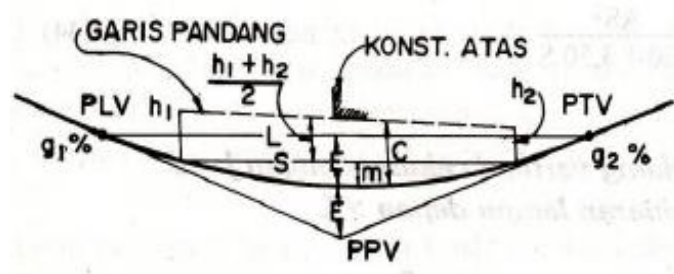
Gambar 2.22 Lengkung Vertikal Cekung dengan Jarak Pandangan Penyinaran Lampu Depan $> L$

$$L = 2S - \frac{120 + 3,5 S}{A}$$

- Jarak pandangan bebas dibawah bangunan pada lengkung vertikal cekung

Jarak pandangan bebas pengemudi pada jalan raya yang melintasi bangunan-bangunan lain seperti jalan lain, jembatan penyebrangan, viaduct, aquaduct, seringkali terhalangi oleh bagian bawah bangunan tersebut. Panjang lengkung vertikal cekung minimum diperhitungkan berdasarkan jarak pandangan henti minimum dengan mengambil tinggi mata penemudi truk yaitu 1,80 m dan tinggi objek 0,50 m (tinggi lampu belakang kendaraan). Ruang bebas vertical minimum 5 m, disarankan mengambil lebih besar untuk perencanaan yaitu $\pm 5,5$ m, untuk member kemungkinan adanya lapisan tambahan dikemudian hari

- a. Jarak pandangan $S < L$



Gambar 2.23 Jarak Pandangan Bebas di Bawah Bangunan pada Lengkung Vertikal Cekung dengan $S < L$

$$L = \frac{S^2 A}{800m}$$

$$m = \frac{S^2 A}{800L}$$

Jika jarak bebas dari bagian bawah bangunan atas ke jalan adalah C , maka:

$$m = C - \frac{h_1 - h_2}{2}$$

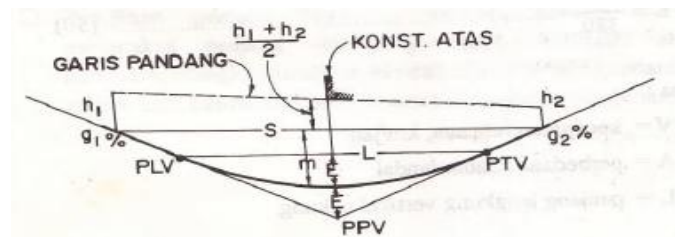
$$\frac{S^2 A}{800L} = C - \frac{h_1 + h_2}{2}$$

$$L = \frac{S^2 A}{800C - 400(h_1 + h_2)}$$

Jika $h_1 = 1,80$ m, $h_2 = 0,50$ m, $C = 5,50$ m, maka menjadi :

$$L = \frac{AS^2}{3480}$$

b. Jarak pandangan $S > L$



Gambar 2.24 Jarak Pandangan Bebas di Bawah Bangunan pada Lengkung Vertikal Cekung dengan $S > L$

$$L = 2S - \frac{800C - 400(h_1 + h_2)}{A}$$

Jika $h_1 = 1,80$ m, $h_2 = 0,50$ m, dan $C = 5,50$ m, maka menjadi :

$$L = 2S - \frac{3480}{A}$$

❖ Bentuk visual lengkung vertikal cekung

Adanya gaya sentrifugal dan gravitasi pada lengkung vertikal cekung menimbulkan rasa tidak nyaman kepada pengemudi. Panjang lengkung vertikal cekung minimum yang dapat memenuhi syarat kenyamanan adalah :

$$L = \frac{AV^2}{380}$$

Dimana :

V = kecepatan rencana, km/jam

A = perbedaan aljabar landai

L = panjang lengkung vertikal cekung

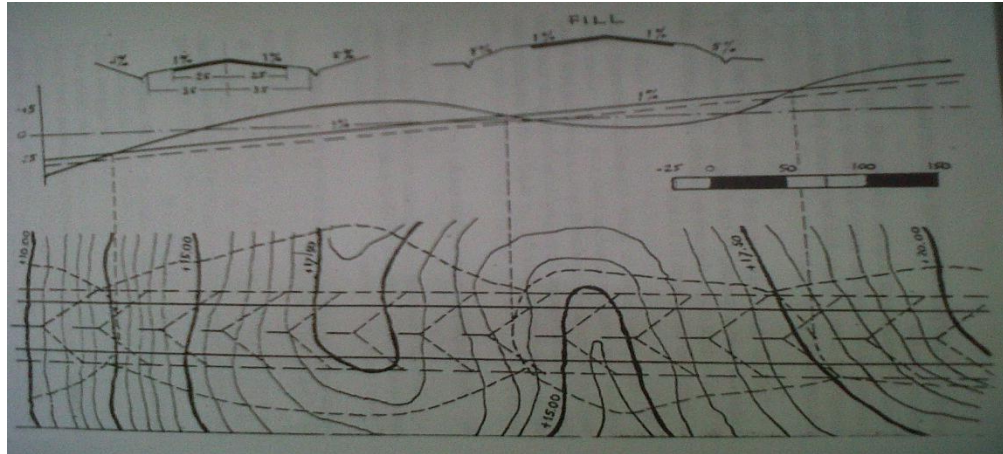
(Sumber : Sukirman, Silvia. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*.1999)

- Panjang untuk Kenyamanan

$$L = \frac{AV^2}{389}$$

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

2.5 Galian dan Timbunan

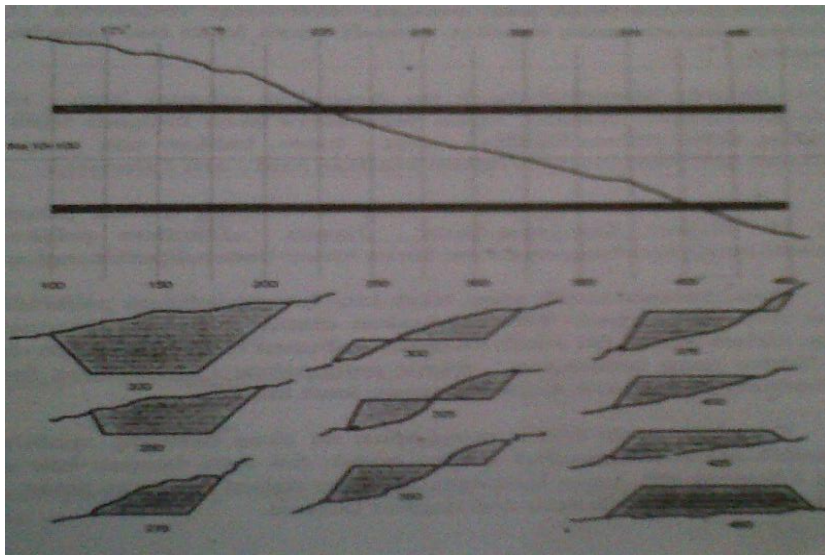


Gambar 2.25 perhitungan volume tanah pada peta kontur.

Untuk menghitung jumlah-jumlah galian dan timbunan seperti gambar diatas akan banyak gunanya menentukan batas-batas daerah galian dan timbunan. Seperti pada gambar batas-batas itu ditentukan berdasarkan interpolasi antara garis-garis ketinggian dan didapatkan sekitar STA 1+350, 1+650, 1+850.

Pada daerah itu, jarak antara garis-garis lintang batas kesatuan volume penggusuran tanah perlu diambil lebih kecil dari yang biasa, misalnya 10 m atau kalau perlu lebih kecil lagi 5 m misalnya.

Stasiun-stasiun tambahan perlu diadakan sepanjang batas cut dan fill termasuk untuk mendapatkan jumlah perhitungan jumlah tanah yang harus dikerjakan yang mendekati kenyataan. Perlu diingat bahwa cut dan fill harus diperhitungkan sendiri sendiri karena kecuali sifat pekerjaannya lain, juga dikhawatirkan akan menimbulkan salah pengertian penafsiran-penafsiran hasil perhitungan.



Gambar 2.26 Cara menghitung jumlah cut dan fill (galian dan timbunan) didaerah perbatasan antara kedua jenis pekerjaan tanah termaksud.

Apabila kita menghitung volume pekerjaan tanah dengan cara cross-section dan end area method (metoda penampang melintang dan diadakan stasiun stasiun tambahan (berjarak misalnya 25 m), sehingga volume tanah dapat dihitung dengan cara seperti yang telah dijelaskan diatas.

Tabel 2.16 perhitungan galian dan timbunan

Antar STA	LUAS PENAMPANG MELINTANG (M ²)				JARAK d (m)	VOLUME (m ³)	
	G	T	G _{rata-rata}	T _{rata-rata}		G	T
	(1)	(2)	(3)	(4)		(3)x(5)	(4)x(5)
Sta 1	G1	T1	$\frac{G1+G2}{2}$	$\frac{T1+T2}{2}$	100	100. G rata-rata	100. T rata-rata
Sta 2	G2	T2					
Sta 2 Sta 3							
dst.							
JUMLAH							

(Sumber : Ir. Rochmanhadi. *Pemindahan Tanah Mekanis (Earthmoving)*.2000)

2.6 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur tahun 2012 Kementerian Pekerjaan Umum

Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur tahun 2012 Kementerian Pekerjaan Umum yang merupakan revisi dari metode Pt T-01-2002-B serta revisi dari SNI 03-1732-1989 Tata Cara Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan metode analisa komponen. Terdapat beberapa teknologi bahan jalan baru yang belum diakomodasi pada PT T-01-2002-B dan SNI 03-1732-1989 serta penyesuaian koefisien kekuatan relative campuran beraspal dengan kondisi temperature di Indonesia. Pedoman ini dipersiapkan oleh Panitia Teknis 91 – 01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan 91-01/S2 melalui Gugus Kerja Bahan dan Perkerasan Jalan.

2.6.1 Parameter – parameter Metode Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur tahun 2012 Kementerian Pekerjaan Umum

Adapun parameter – parameter yang ada dalam merencanakan tebal suatu perkerasan menggunakan metode Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur tahun 2012 Kementerian Pekerjaan Umum adalah sebagai berikut :

a. Repetisi beban lalu lintas

Dalam metode Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur tahun 2012 Kementerian Pekerjaan Umum ini sama seperti pada metode Pt T-01-2002-B beban lalu lintas yang dipakai mengacu pada metode AASTHO 1993 yaitu dinyatakan dalam repetisi lintasan sumbu standar selama umur rencana (W_{18}).

$$W_{18} = \sum LHR_i \times E_i \times D_A \times D_L \times 365 \times N \quad \dots\dots\dots 2.35$$

$$W_{18} = 365 \times D_L \times W_{18} \quad \dots\dots\dots 2.36$$

$$W_{18} = \sum_i^n BS_i LEF_i \quad \dots\dots\dots 2.37$$

Keterangan :

W_{18} = repetisi beban lalu lintas selama umur rencana (iss/umur rencana/lajur rencana).

LHR = Lalu lintas Harian Rata – rata (kendaraan/hari/2 arah).

W_{18} = akumulasi beban sumbu standar kumulatif per hari.

LEF = angka ekivalen jenis kendaraan i.

D_A = faktor distribusi arah, digunakan untuk menunjukkan distribusi ke masing – masing arah.

D_L = faktor distribusi lajur, digunakan untuk menunjukkan distribusi kendaraan ke lajur rencana.

365 = jumlah hari dalam satu tahun.

N = faktor umur rencana.

b. Umur rencana

Umur rencana dinyatakan sebagai faktor umur rencana yaitu angka yang dipergunakan untuk menghitung repetisi lalu lintas selama umur rencana dari awal umur rencana.

$$N = \frac{[(1+g)^{UR} - 1]}{g} \dots\dots\dots 2.38$$

Dimana :

UR = umur rencana

g = pertumbuhan lalu lintas per tahun (%tahun)

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkeasan Lentur, Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

Tabel 2.17 Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana.

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*		Kendaraan Berat**	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 lajur	1.00	1.00	1.00	1.00
2 lajur	0.60	0.50	0.70	0.50
3 lajur	0.40	0.40	0.50	0.475
4 lajur	-	0.30	-	0.45
5 lajur	-	0.25	-	0.425
6 lajur	-	0.20	-	0.40

Sumber SKBI – 2.3.26. 1987/SNI 03-1732-1989

* berat total < 5 Ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

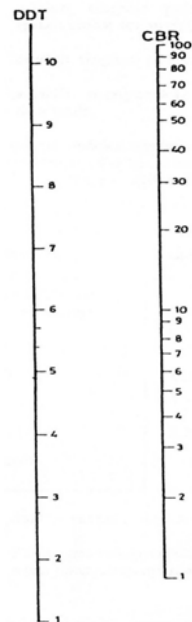
** beart total \geq 5 Ton, misalnya : bus, truck, traktor, semi triler, trailer

c. Perhitungan Daya Dukung Tanah Dasar

Dari nilai CBR diperoleh nilai ditentukan nilai CBR rencana yang merupakan nilai CBR rata-rata untuk suatu jalur tertentu.

Caranya adalah sebagai berikut :

- Tentukan harga CBR terendah
- Tentukan jumlah harga CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR
- Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100% dan yang lainnya merupakan persentase dari harga tersebut.
- Buat grafik hubungan CBR dan persentase jumlah tersebut.
- Nilai CBR rata-rata adalah nilai yang didapat dari angka 90%.



Gambar 2.27 Korelasi antara DDT dan CBR

d. Koefisien distribusi kendaraan per lajur rencana (D_L)

Faktor distribusi lajur ditentukan jumlah lajur dan lajur rencana. Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas darisuatu ruas jalan yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel 2.17.

Tabel 2.17 Jumlah Lajur

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
$L < 4,50$ m	1
$4,50 \text{ m} \leq L \leq 8,00$ m	2
$8,00 \text{ m} \leq L \leq 11,25$ m	3
$11,25 \text{ m} \leq L \leq 15,00$ m	4
$15,00 \text{ m} \leq L \leq 18,75$ m	5
$18,75 \text{ m} \leq L \leq 22,50$ m	6

(Sumber : Kementerian pekerjaan Umum, 2012)

Dan faktor distribusi lajur dapat ditentukan dari tabel 2.18.

Tabel 2.18 Faktor Distribusi Lajur (D_D)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,600	0,500	0,700	0,500
3	0,400	0,400	0,500	0,475
4	0,300	0,300	0,400	0,450
5	–	0,250	–	0,425
6	–	0,200	–	0,400

(Sumber : Kementerian pekerjaan Umum, 2012)

e. Faktor distribusi arah (D_A)

Digunakan untuk menunjukkan distribusi ke masing – masing arah. Jika data lalu lintas yang digunakan adalah satu arah, maka $D_A = 1$. Jika volume lalu lintas yang tersedia dalam dua arah, D_A berkisar antara 0,3 – 0,7. Untuk perencanaan umumnya D_A diambil sama dengan 0,5.

f. Beban sumbu dan konfigurasi beban sumbu

Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban sumbu standar kumulatif pada lajur rencana selama setahun (W_{18}) dengan besaran kenaikan lalu lintas (*traffic growth*). Secara numeric rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} = W_{18} \frac{[(1+g)^{UR} - 1]}{g} \dots\dots\dots 2.39$$

Keterangan

$W_t = W_{18}$ = jumlah beban sumbu tunggal standar kumulatif pada lajur rencana

g. Reliabilitas (R)

Reliabilitas adalah tingkat kepastian bahwa struktur perkerasan mampu melayani arus lalu lintas selama umur rencana sesuai dengan proses penurunan kinerja struktur perkerasan yang dinyatakan dengan *serviceability* yang direncanakan. Kemungkinan bahwa jenis kerusakan tertentu atau kombinasi jenis kerusakan pada struktur perkerasan akan tetap lebih rendah atau dalam rentang yang diizinkan selama umur rencana. Reliabilitas digunakan untuk mengalikan repetisi beban lalu lintas yang diperkirakan selama umur rencana dengan faktor reliabilitas (F_R) ≤ 1 . Efek adanya faktor reliabilitas dalam perencanaan adalah meningkatkan ESAL yang digunakan untuk merencanakan teba perkerasan jalan.

$$F_R = 10^{-Z_R(S_o)} \dots\dots\dots 2.46$$

Keterangan :

F_R = faktor reliabilitas

S_o = deviasi standar keseluruhan dari distribusi normalantara 0,35 – 0,45

Z_R = Z – statistik (sehubungan dengan lengkung normal)

Tabel 2.19 Deviasi Normal (Z_R) Untuk Berbagai Tingkat Kepercayaan (R)

Tingkat Kepercayaan, R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R	Tingkat Kepercayaan, R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R	Tingkat Kepercayaan, R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R
50,00	-0,000	90,00	-1,282	96,00	-1,751
60,00	-0,253	91,00	-1,340	97,00	-1,881
70,00	-0,524	92,00	-1,405	98,00	-2,054
75,00	-0,674	93,00	-1,476	99,00	-2,327
80,00	-0,841	94,00	-1,555	99,90	-3,090
85,00	-1,037	95,00	-1,645	99,99	-3,750

(Sumber : Kementerian pekerjaan Umum, 2012)

h. Faktor ekivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

Faktor ekvivalen beban sumbu kendaraan (*Load Equivalency Factor*, LEF)

setiap kelas kendaraan adaah sesuai dengan beban sumbu setiap kelas kendaraan, yaitu konfigurasi sumbu tunggal, sumbu ganda (tandem), dan sumbu tiga (*triple*).

$$LEF = 1 / \left(\frac{W_{18}}{W_{tx}} \right) \dots\dots\dots 2.40$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{2s}}{L_x + L_{2x}} \right]^{4,79} \left[\frac{10^{G/B_{13}}}{10^{G/B_x}} \right] [L_{2x}]^{4,33} \dots\dots\dots 2.41$$

$$\beta_x = 0,40 + \frac{0,08(L_x + L_{2x})^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} L_{2x}^{3,23}} \dots\dots\dots 2.42$$

$$G = \frac{IP_o - IP_t}{4,2 - IP_f} \dots\dots\dots 2.43$$

Dimana :

W_x = angka beban sumbu x pada akhir waktu t

W_{18} = angka 18 – kip (80k Kn) beban sumbu tunggal untuk waktu t

L_x = beban dalam kip pada satu sumbu tunggal ayau pada sumbu ganda (tandem) atau satu sumbu *triple*

L_{2x} = kode beban (1 untuk sumbu tunggal, 2 untuk sumbu tandem dan 3 untuk sumbu *triple*)

IP_f = indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

β_x = faktor desain dan variasi beban sumbu

G = faktor perbandingan kehilangan tingkat pelayanan

Faktor angka ekivalen untuk konfigurasi sumbu lainnya ditentukan dengan mempergunakan tabel angka ekivalen yang dikeluarkan AASTHO 1993.

i. *Structural Number* (SN)

SN adalah angka yang menunjukkan jumlah tebal lapis perkerasan yang telah disetarakan kemampuannya sebagai bagian kinerja jalan. SN digunakan untuk menentukan tebal lapis perkerasan jalan yang dapat ditentukan dengan nomogram yang dikeluarkan AASTHO 1993 atau dapat dicari dengan rumus :

$$\begin{aligned} \log(W_{18}) = & Z_R \times S_o + 9,36 \times \log(SN + 1) - 20 + \frac{\log\left[\frac{\Delta IP}{IP_o - IP_f}\right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} \\ & + 2,32 \times \log(M_R) - 8,07 \dots\dots\dots 2.44 \end{aligned}$$

Keterangan :

- W_{18} = repetisi beban lalu lintas selama umur rencana
- Z_R = simpangan baku normal
- S_o = deviasi standar keseluruhan, bernilai antara 0,4 – 0,5
- SN = *structural number*, angka struktural relatif perkerasan (inci)
- ΔPSI = perbedaan *serviceability index* di awal dan akhir umur rencana
- IP_f = indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)
- M_R = modulus resilient tanah dasar (psi)

SN asumsi digunakan untuk menentukan angka ekivalen (E), dan jika SN yang telah dicari dengan rumus 2.39 atau dengan nomogram tidak sama dengan SN yang dicari dengan rumus 2.40, maka penentuan angka ekivalen harus diulang kembali dengan menggunakan SN baru.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \dots\dots\dots 2.45$$

Keterangan :

- SN = *Structural Number*, angka struktural relatif perkerasan (inci)
- a_1 = koefisien kekuatan relatif lapis permukaan
- a_2 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi
- a_3 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah
- D_1 = tebal lapis permukaan (inci)
- D_2 = tebal lapis pondasi (inci)
- D_3 = tebal lapis pondasi bawah (inci)
- $M_{2,3}$ = koefisien drainase untuk lapis pondasi dan pondasi bawah

j. Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan adalah nilai dari rata-rata/kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

Tabel 2.20 Indeks Permukaan (IP_o)

Jenis Lapis Permukaan	IP _o	Roughness (IRI, m/km)
Laston	≥ 4	≤ 1,0
	3,9 – 3,5	≥ 1,0
Lasbutag	3,9 – 3,5	≥ 2,0
	3,4 – 3,0	≥ 2,0
Lapen	3,4 – 3,0	≥ 3,0
	2,9 – 2,5	≥ 3,0

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

Dan dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana (IP_t) perlu diperhatikan kinerja struktur perkerasan di akhir umur rencana. Nilai IP_t dapat dilihat pada tabel 2.17.

Tabel 2.21 Indeks Permukaan (IP_t)

Klasifikasi Jalan			
Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
1,0 – 1,5	1,5	1,50 – 2,0	–
1,5	1,5 – 2,0	2,0	–
1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	–
–	2,0 – 2,5	2,5	2,5

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

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

k. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan, lapis pondasi atas serta lapis pondasi bawah diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 2.22 Koefisien Kekuatanrelatif Bahan (a)

Jenis Bahan	Kekuatan bahan					Koefisien Kekuatan Relatif			
	Modulus Elasti		Stabilitas Marshall (kg)	Kuat Tekan Bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	R ₁	R ₂	R ₃
	(MPa)	(x1000 psi)							
1. Lapis Permukaan									
Leston Modifikasi ³									
- Lapis Aus Modifikasi i	3.200 ⁽²⁴⁾	460	1000				0,414		
- Lapis Antara Modifikasi Leston	3.500 ⁽²⁵⁾	506	1000				0,360		
- Lapis Aus	3.000 ⁽²⁴⁾	435	800				0,400		
- Lapis Antara	3.200 ⁽²⁴⁾	464	800				0,344		
- Leston									
- Lapis Aus	2.300 ⁽²⁴⁾	340	800				0,350		
2. Lapis Fondasi									
Lapis Fondasi Leston Modifikasi ³	3.700 ⁽²⁵⁾	536	2250 ⁽²⁵⁾					0,305	
Lapis Fondasi Leston	3.300 ⁽²⁵⁾	480	1800 ⁽²⁵⁾					0,290	
Lapis Fondasi Leston	2.400 ⁽²⁴⁾	350	800					0,190	
Lapis Fondasi LAPEN								0,270	
CMRFB (Cold Mix Recycling / from Bitumen)					300			0,270	
Bekas Padat Giling (BPG/GRC)	5.900	850		70 ⁽²⁴⁾				0,230	
CTB	5.350	778		45				0,210	
CTSB (Cement Treated Recycling Base)	4.450	645		35				0,170	
CTSB (Cement Treated Subbase)	4.450	645		35				0,170	
CTRSB (Cement Treated Recycling Subbase)	4.270	619		30				0,160	
Tanah Semen	4.000	580		24 ⁽⁴⁾				0,145	
Tanah Kapur	3.900	566		20 ⁽¹⁰⁾				0,140	
Agregat Kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Fondasi Bawah									
Agregat Kelas B	125	18				60		0,125	
Agregat Kelas C	103	15				35		0,112	
Konstruksi Telford									
- Pemadatan Mekanis						52		0,104	
- Pemadatan Manual						32		0,074	
Material Pilihan (Selected material)	84	12				10		0,080	

(Sumber : Kementerian pekerjaan Umum, 2012)

AASHTO'86 membagi kualitas drainase ini menjadi 5 tingkat seperti pada tabel 2.24 ini :

Kualitas Drainase	Waktu yang dibutuhkan untuk
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Cukup	1 minggu
Buruk	1 bulan
Buruk Sekali	Air tak mungkin dikeringkan

(Sumber : Kementerian pekerjaan Umum, 2012)

AASHTO'86 memberkan daftar koefisien drainase seperti 2.25 ini :

Kualitas Drainase	Persen waktu perkerasan dalam keadaan lembab – jenuh			
	< 1	1 – 5	5 – 25	>25
Baik Sekali	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Cukup	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Buruk	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Buruk Sekali	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

(Sumber : Kementerian pekerjaan Umum, 2012)

m. Menentukan tebal masing-masing lapisan dengan mempergunakan rumus sbb:



Gambar 2.28 Penentuan Tebal Lapisan

$$D^*_1 \geq \frac{ITP_1}{a_1}$$

$$SN^*_1 = a_1 D_1 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq (ITP_2 - ITP^*_1) / a_2 \text{ m}_2$$

$$SN^*_2 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$D_3 \geq \{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)\} / a_3 \text{ m}_3$$

Dimana :

- 1) a, D, dan SN nilai-nilai minimum yang dibutuhkan.
- 2) D* atau SN* menunjukkan bahwa parameter tersebut mewakili nilai yang sebenarnya digunakan, yang harus sama dengan atau lebih besar dari nilai yang diperlukan.

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur. Kementerian Pekerjaan Umum. 2012)

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 viskoelastis. Aspal sering juga disebut bitumen merupakan bahan pengikat pada campuran beraspal yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan lapis permukaan 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 termoplastik 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, pemakaiannya dapat langsung, atau diolah terlebih dahulu. Contoh: aspal Buton, aspal Trinidad. Aspal alam terbesar didunia terdapat di Trinidad, berupa aspal danau (*Trinidad Lake Asphalt*)
- 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, *paraffin 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 hidro karbon 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 sejenih 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 koloid, dimana butir-butir yang merupakan bagian yang padat disebut *asphaltene* yang berada di dalam masa cair yang disebut maltene.

Maltene itu sendiri terdiri dari senyawa-senyawa basa nitrogen, Acidaffin satu, Acidaffin dua, dan Paraffin. Senyawa basa nitrogen merupakan jenis dasar (resin) yang reaktif sehingga dapat mendispresikan asphaltene.

Paraffin merupakan senyawa *hydrocarbon* jenuh, yang berfungsi sebagai penyebab terjadi 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 sendiri 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 kali:

- 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 kerusakan bahan perekas 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 kerusakan 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 kekentalannya (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°C reaksinya akan berlipat dua kali. Sebagai missal, oksidasi dan penguapan akan terjadi delapan kali lebih besar untuk suatu campuran yang diaduk

dalam pumgmill pada suhu 179°C dibandingkan bila hanya diaduk pada suhu 149°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 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 (*Craked Asphalt*)

Aspal dihasilkan dengan cara craking. (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). Sebaiknya aspal yang belum pecah molekulnya mengkilap permukaannya seperti cermin. Aspal yang telah dipecah molekulnya, bila dilarutkan dalam 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 luar 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 terhadap 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. Baha aditif ini biasanya dicampurkan kedalam campuran panas aspal beton yang dihamparkan 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 - 20°C koefisien 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 mendapatkan 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 cm². *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 adalah untuk menentukan pada suhu mana aspal itu akan menyala, untuk menjaga pada suhu mana aspal tersebut pada dipanasi tanpa berbahaya.

Pengujian 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 chorid (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.

Sumber : <http://anasaff.blogspot.com/2012/08/aspal-dan-karakteristiknya.html>

2.7.1.3 Jenis Pengujian bagi Aspal Emulsi

Tujuan dari pengujian terhadap aspal emulsi antara 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 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 letakan 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 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 keasamaan 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 Kontruksi 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 kekuatan 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 dilakukakn 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 beton 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 (*Traveling 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 penentrasi/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. Konstruksi 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, terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihamparkan, 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.

Sumber : <http://www-tekniksipil.blogspot.com/2014/03/standar-metode-pengujian.html>

❖ **Agregat Kasar**

- Agregat kasar harus terdiri dari batu pecah kerikil pecah yang bersih, kuat, awet, dan bebas dari bahan lain yang mengganggu serta memenuhi persyaratan sebagai berikut:
 - a. Keasuan 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-218*): 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 retak).
 - 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 ekuivalen 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 bahn nonplastis lainnya.
- Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu dan apabila dilakukam pemeriksaan analisa saringan secara basah, harus memenuhi gradasi sebagai berikut:

Tabel 2.26

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 ekuivalen pasir yang tidak kurang dari 50%

❖ 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 175°C tidak berbusa, dan memenuhi persyaratan sebagai yang tercantum pada Tabel 2.30

❖ Bahan Tambahan Aspal (*Asphalt Additive*)

Apabila untuk membantu pelekat/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 2.27
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)											
Ukuran Saringan	% BERAT YANG LOLOS SARINGAN										
1 ½ “ 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	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	74-92
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	48-70
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	33-53
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	13-30
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	10-20
No.100 0,149 mm	4-12	4-12	8-16	8-16	7-15	7-15	10-18	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	4-9

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 ₂ HCL ₃)	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	-	5	-	% 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 dan 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 pencampuran: \pm 10°C
 - Campuran tiba di lapangan: \pm 10°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 2.29

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:

- 1) Rongga dalam campuran aspal dihitung berdasarkan Berat Jenis maksimum teoritis campuran (berdasarkan berat jenis efektif agregat) atau berdasarkan berat jenis maksimum campuran menurut AASHTO T 209-82.
- 2) Rongga dalam agregat ditetapkan berdasarkan berat jenis curah (*bulk specific gravity*) dari agregat.
- 3) Indeks perendaman ditetapkan berdasarkan Rumus:

$$\frac{48 \text{ jam pada suhu } 60^{\circ}\text{C} (kg)}{\text{stabilitas Marshall } (kg)} \times 100\%$$
- 4) Kepadatan Lalu Lintas
Berat : lebih besar 500 UE 18 KSAL/hari/jalur
Sedang : 50 sampai 500 UE 18 KSAL/hari/jalur
Ringan : lebih kecil dari UE 18 KSAL/hari/jalur

Tabel 2.30

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. 40	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 (*Aspal 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 Campuran**

a. Termasuk Agregat Dingin (*Cool 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. System 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 Pencampuran harus mampu mengeringkan dan memanaskan secara merata (pada suhu yang ditentukan) agregat dalam jumlah yang cukup untuk menjamin operasi menerus daripada 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 penampungan agregat panas harus menjadi dibagi 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. Penampungan 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 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-kurang 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*)

Instalansi Pencampuran 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 kerja. Ruang pengaduk harus dilengkapi secukupnya dengan pedal-pedal pengaduk. Ruang pengaduk harus dioperasikan pada kecepatan sedemikian rupa sehingga menghasilkan campuran yang seragam. Untuk mengendalikan siklus pengaduk, unit pengaduk harus dilengkapi dengan pengunci waktu (*time lock*) yang diteliti. Selama dalam

pengadukan kering, pengunci waktu dapat mengunci ember aspal dan selama masa pengadukan kering dan basah harus dapat mengunci unit pengaduk.

❖ **Persyaratan Khusus Untuk Instalasi Pencampur Jenis Menerus (*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 pengukur 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 bukan pintu. Instalansi Pencampur harus mencakup pula alat untuk mengkalibrasi masing-masing bukan 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 agregasi.

http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CC8QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.sipil.itm.ac.id%2Fcontent%2Fdownload.php%3Fpage%3Ddownload%26id%3D35&ei=ysN9U_jCMsnwrQfv8IDwBA&usg=AFQjCNFNDNdvdLdjOKC0PB_9WkghY9gp7A&bvm=bv.67229260,d.bmk

❖ **Alat Penghampar (*Spreader*)**

Alat penghampar harus berjenis yang dapat bergerak sendiri yang dilengkapi dengan baik penampung, ulir penyembar, sepatu yang dapat diatur (*adjustable screeds*), pelat pemadat (*tamper*) atau sepatu getar (*vibratory screeds*), dan peralatan pengatur ketebala/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 kemampuan produksi Instalasi Pencampur.

❖ **Alat Pemadat**

Alat pemadat harus terdiri dari jenis roda 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 kejutan (*backlash*). Untuk mencegah melekatnya campuran pada roda pemadat harus 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 pencampuran, 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 Instalansi 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 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

Masa pengadukan (det) = Masa pengadukan kering + 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 paraffin, 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 penghamparan harus dihentikan dan dijalankan lagi setelah alat penghampar diperbaiki. Bagian permukaan yang kasar atau tersegregasi harus diperbaiki dengan 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 hamparan sudah tidak bergerak (*displacement*) karena pemadatan.
 - a. Pemadatan awal (dengan menggunakan alat pemadatan 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 berpindahan 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 pemadatan 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 ataupun sambungan melintang pada lapisan-lapisan yang berurutan harus dibuat secara bertangga, sehingga secara vertical tidak terletak dalam satuan 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 vertical 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 vertical dan telah diberi lapis pengikat.

❖ **Pengendalian Mutu**

- Persyaratan tebal

Tepi Lapis Aapal 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.

Sumber : <http://civilengineeringunsri08.wordpress.com/2009/03/17/jenis-jenis-perkerasan-jalan/>

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 kerikil, 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 lain.

2.7.2.1 Klasifikasi Agregat

A. Ditinjau dari Aspal 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 sedimen atau agregat beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur 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 pengisi 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 kualitas sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3, 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 oleh 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*)

Tabel 2.31 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
1 ½ "	37,5	44-58	70-85
1"	25	29-44	30-65
3/8"	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%
Indeks Plastisitas (SNI 03-1966-1990 dan SNI 03-1966-1990)	Maks 6%	Maks 6%
Hasil kali Indeks 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

Sumber

:

<https://www.google.com/#q=syarat+syarat+agregat+pada+perkerasan+lentur>

2.8 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Pada dasarnya anggaran biaya ini merupakan bagian terpenting dalam menyelenggarakan pembuatan bangunan itu.

Membuat anggaran biaya berarti menaksir atau mengira-ngirakan harga dari suatu barang, bangunan atau benda yang akan dibuat dengan teliti dan secermat mungkin.

Anggaran biaya ini dapat atau dilakukan dalam dua cara :

- A. Anggaran Biaya Sangat Teliti
- B. Anggaran biaya Sementara atau Taksiran Kasar

Sebuah buku standart yaitu buku “Analisa” dan empat faktor dibutuhkan :

Keempat faktor itu adalah :

Harga bahan-bahan setempat

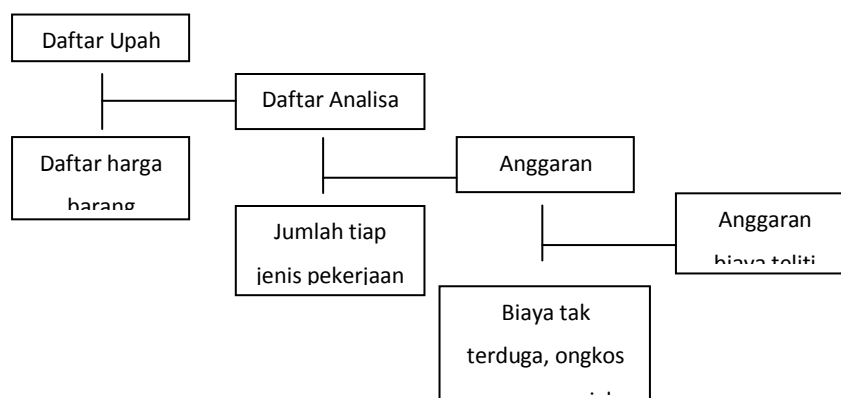
Harga upah pekerja/tukang setempat

Keamanan di tempat pekerjaan

Transport material ketempat pekerjaan.

Dari buku analisa akan menghasilkan hanya HARGA SATUAN BANGUNAN.

Untuk lebih jelasnya dapat kita berikan skema seperti berikut



Didalam daftar anggaran itu disusun banyaknya tiap bagian dari pekerjaan itu sebagaimana disebutkan dalam Bestek, berturut-turut mengenai penjelasan tentang bagian-bagian itu. Bila mana jumlah satuan di dapat (misalnya isi dalam M3 dan luas dalam M2), kemudian jumlah ini dikalikan **dengan harga satuan** dari tiap-tiap macam dari pekerjaan itu. Selanjutnya jumlah semua bagian-bagian itu adalah **anggaran biaya bangunan itu**.

(Sumber :Ir.J.A.Mukomoko. *Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan*.2003)

- **Anggaran Biaya Sementara**

Dinamakan orang juga sebagai rencana anggaran **biaya taksiran kasar**. Hanya orang yang telah banyak pengalamannya dalam hal ini yang akan dapat membuat harga taksiran secara kasar dari pekerjaan bangunan itu. Orang yang berpengalaman itu akan ditaksir harga atau biaya bangunan yang akan dibuat dan apabila dihitung anggaran biaya yang teliti, maka hanya terdapat sedikit **selisihnya** dengan biaya yang telah ditaksir orang berpengalaman itu tadi.

(Sumber :Ir.J.A.Mukomoko. *Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan*.2003)

- **Bar Charts**

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

Bar chart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horintal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi

kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut di atas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas 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.

(Sumber:Ervianto,Wulfram I. *Manajemen Proyek Konstruksi (Edisi Revisi)*.2005)