

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Konstruksi Jalan Raya**

Perkerasan jalan dalam konstruksi jalan raya sangat sentral mengingat perkerasan adalah esensi didalam struktur jalan. Jalan raya selalu menuntut keberadaan perkerasan yang kuat, tahan lama, nyaman, ekonomis, tepat sasaran dan lain sebagainya. Untuk mendapatkan fungsi yang baik tentunya memerlukan dua hal yaitu perancangan yang sempurna dan keberhasilan pelaksanaan agar sesuai dengan rancangan.

Apapun jenis perkerasan lalu lintas harus dapat memfasilitasi sejumlah pergerakan lalu lintas, apakah berupa jasa angkutan manusia, atau jasa angkutan barang berupa seluruh komoditas yang diijinkan untuk berlalu-lalang disitu. Dengan jenis kendaraan dengan angkutan barangnya yang beragam akan memberikan variasi beban sedang sampai berat, jenis kendaraan penumpang akan memberikan sejumlah variasi beban ringan sampai sedang. Ini harus dapat didukung oleh perkerasan jalan. Pada penelitian kali ini membahas tentang perkerasan Lentur campuran aspal panas (hotmix). Pada spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 mengatur tentang campuran aspal panas Lapisan Aspal Beton (Laston), Lapis tipis Aspal Beton (Lataston), dan Stone Matrix Asphalt (SMA). Untuk penelitian ini membahas khususnya membahas tentang perkerasan Lapisan Aspal Beton – Lapis Aus (Laston-lapis aus).

Pada umumnya perkerasan lentur baik digunakan untuk jalan yang melayani bebabn lalu lintas ringan sampai sedang, seperti jalan perkotaan.

Keuntungan menggunakan perkerasan lentur :

1. Dapat digunakan pada daerah dengan perbedaan penurunan (differential settlement) terbatas
2. Mudah diperbaiki
3. Tambahan lapisan perkerasan dapat dilakukan kapan saja
4. Memiliki tahanan geser yang baik

5. Warna perkerasan memberikan kesan tidak silau bagi pemakai jalan
6. Dapat dilaksanakan bertahap, terutama pada kondisi biaya pembangunan terbatas atau kurangnya data untuk perencanaan.

Kekurangan memakai perkerasan lentur :

1. Kelenturan dan sifat kohesi berkurang selama masa pelayanan
2. Frekuensi pemeliharaan lebih sering daripada menggunakan perkerasan kaku
3. Tidak baik digunakan jika daerah tersebut sering digenangi air
4. Membutuhkan agregat lebih banyak

Pada penelitian ini dipakai jenis perkerasan Lapisan Aspal Beton-Lapis Aus (Laston-Lapis Aus), maksud dari lapis aus sama saja artinya dengan lapis permukaan. Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan. Namun demikian, akibat kontak langsung dengan roda kendaraan, cuaca dan suhu ekstrim, lapis paling atas cepat menjadi aus dan rusak, sehingga disebut lapis aus. Lapisan dibawah lapis aus yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, disebut lapis antara (Binder Course), berfungsi memikul beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapis pondasi.

## **2.2. Lapisan Aspal Beton – Lapis Aus (Laston-Lapis Aus)**

Sejarah perkerasan jalan dimulai bersamaan dengan searah umat manusia itu sendiri yang selalu berhasrat untuk mencari kebutuhan hidup dan berkomunikasi dengan sesama (Sukirman 1999). Dengan demikian perkembangan jalan saling berkaitan dengan perkembangan umat manusia. Perkembangan teknik jalan seiring dengan berkembangnya teknologi yang ditemukan umat manusia.

Pada awalnya jalan hanyalah berupa jejak manusia yang mencari kebutuhan hidup ataupun sumber air. Setelah manusia mulai hidup berkelompok jejak - jejak itu berubah menjadi jalan setapak. Dengan mulai dipergunakannya hewan – hewan sebagai alat transportasi, jalan mulai dibuat rata. Jalan yang diperkeras pertama kali ditemukan di Mesopotamia berkaitan dengan ditemukannya roda sekitar 3500 tahun sebelum masehi.

Konstruksi perkerasan jalan berkembang pesat pada zaman keemasan Romawi. Pada saat itu telah mulai dibangun jalan – jalan yang terdiri dari beberapa lapis perkerasan. Perkembangan konstruksi jalan seakan terhenti dengan mundurnya kekuasaan romawi sampai awal abad ke 18. Pada saat itu beberapa ahli dari Perancis, Skotlandia menemukan sistem – sistem konstruksi perkerasan jalan yang sebagian sampai saat ini masih umum di gunakan di Indonesia maupun dinegara – negara lain di dunia.

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu lintas, yang mana bila kita perhatikan secara struktural pada penampang melintang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan. Lalu lintas langsung terkonsentrasi pada jalan. Apabila perkerasan jalan dalam kondisi baik, maka arus lalu lintas juga akan berjalan dengan lancar, demikian sebaliknya jika perkerasan jalan rusak, lalu lintas akan sangat terganggu.

Menurut Sukirman (1999), berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

a. Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

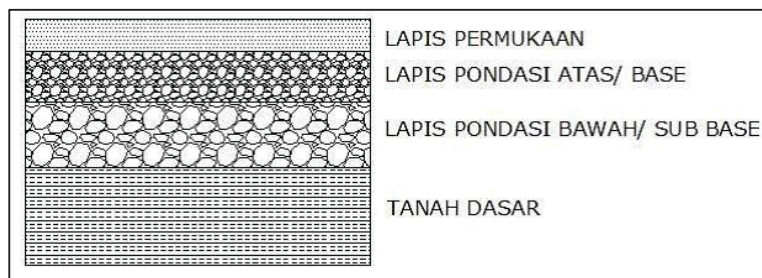
Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

b. Konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan yang menggunakan semen (Portland Cement) sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Dengan beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

Perkerasan lentur adalah jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat untuk lapisan perkerasan. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi sebagai penerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya. Pada umumnya untuk membentuk suatu jalan adapun susunan konstruksi perkerasan sebagai berikut :

- a. Lapis permukaan (*surface course*)
- b. Lapis pondasi atas (*base course*)
- c. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)
- d. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)



**Gambar 2. 1** Susunan lapisan perkerasan

Lapisan aspal beton (Laston) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya yang terdiri dari campuran aspal dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (Silvia Sukirman, 1999). Material agregatnya terdiri dari campuran agregat kasar, agregat

halus dan *filler* yang bergradasi baik yang dicampur dengan penetration grade aspal. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018 tebal nominal minimum Laston adalah 4 – 7,5 cm, sesuai fungsinya.

Berdasarkan fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm.
2. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), dengan tebal nominal minimum adalah 7,5 cm.

Lapisan aspal beton (laston) yang secara umum digunakan secara luas diberbagai mancanegara direncanakan untuk memperoleh kepadatan yang tinggi, nilai struktural tinggi dan kadar aspal yang rendah. Di indonesia mempunyai ketentuan-ketentuan sifat-sifat campuran beraspal yang dikeluarkan oleh Dinas Permukiman dan Prasarana Wilayah dengan Bina Marga.

Secara umum bahan perkerasan campuran AC (*Asphalt Concrete*) terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*Filler*), dan aspal. Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah dengan spesifikasi tertentu yang merupakan hasil mesin pemecah batu (*Stone Crusher*). Agregat halus terdiri dari pasir atau pengayakan batu pecah yang memenuhi spesifikasi sebagai campuran pada Laston. Menurut ASTM (1989) bahan pengisi (*Filler*) harus terdiri dari material yang dapat dibagi secara halus seperti abu batu, terak, kapur, semen, abu terbang atau material mineral yang sesuai.

Ciri lainnya adalah memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu aspal beton memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku. (Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum 2010).

Dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan Aspal Polymer disebut masing-masing sebagai AC-WC Modifikasi, AC-BC

Modifikasi, dan AC-Base Modifikasi. (Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum 2018 ). Berikut ketentuan Karakteristik campuran Laston:

**Tabel 2. 1** Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
<i>Stone Matrix Asphalt</i> Tipis		SMA Tipis	3,0
<i>Stone Matrix Asphalt</i> - Halus		SMA-Halus	4,0
<i>Stone Matrix Asphalt</i> - Kasar		SMA-Kasar	5,0
Lataston	Lapis Aus	HRS-WC	3,0
	Lapis Fondasi	HRS-Base	3,5
Laston	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC-BC	6,0
	Lapis Fondasi	AC-Base	7,5

Sumber : Spesifikasi Bina Marga, 2018 revisi 2

**Tabel 2. 2** Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 <sup>(3)</sup>
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,6		
Rongga dalam campuran (%) <sup>(4)</sup>	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800 <sup>(3)</sup>
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6 <sup>(3)</sup>
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C <sup>(5)</sup>	Min.	90		

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2

### 2.3. Agregat

Menurut Silvia Sukirman, (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen. Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan prosentase berat atau 75- 85% agregat berdasarkan prosentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

#### 2.3.1 Agregat Kasar

Menurut SNI 1970-2008, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci). Berdasarkan ASTM C33 Agregat kasar terdiri dari kerikil atau batu pecah dengan partikel butir lebih besar dari 5 mm atau antara 9,5 mm dan 37,5 mm. Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan (Menurut Bina Marga 2018). Batu pecah dihasilkan dari pemecahan mekanik dari berbagai jenis batuan atau berangkal. Contoh: batu kapur, granite, batuan singkapan, quartzite, dsb.

##### a. Batu Pecah Bergradasi

Batu pecah yang diproduksi pada gradasi yang diinginkan dengan pengayakan. Batu pecah yang lebih disukai adalah berbentuk cubical (persegi), akan tetapi beberapa jenis batuan berlapis mungkin akan memberikan bentuk yang agak pipih.

b. Batu Pecah Campuran

Batu pecah tanpa pengayakan, umumnya hanya digunakan ayakan 2” sebagai scalping screen (diayak sebelum masuk secondary crusher).

c. Crusher Screenings

Crusher screening adalah bagian dari batu pecah yang lolos ¼” atau No.4. Umumnya berukuran dari ¼” ke bawah termasuk 0 sampai 6% lolos No.200. Umumnya bergradasi baik meskipun terdapat kekurangan pada No.40 sampai No.100.

d. Terak (Slag)

Terak adalah bahan bukan logam yang diperoleh dari tungku pemanasan logam, mengandung silikat dan alumino silikat serta bahan dasar lainnya. Terak dengan mutu yang baik akan memberikan perkerasan yang baik meskipun seringkali terdapat terak yang porous dan menyerap banyak aspal.

Berikut spesifikasi ketentuan agregat kasar berdasarkan Bina Marga 2018.

**Tabel 2. 3** Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metoda Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks.12 %
	magnesium sulfat		Maks.18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles <sup>1)</sup>	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks. 6%
		500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90 <sup>*)</sup>
	Lainnya		95/90 <sup>**)</sup>
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5%
	Lainnya		Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117: 2012	Maks. 1%

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2



### 2.3.2 Agregat Halus

Berdasarkan SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terak tanur tinggi. Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm ).

Pasir adalah material berbutir yang dihasilkan oleh pelapukan alami batuan ataupun pemecahan batuan pasir-batu. Terdapat beberapa jenis pasir dengan masing-masing gradasi tertentu.

a. Pasir Angin

Pasir yang dibawa angin dan mengumpul di suatu tempat. Umumnya berbutir halus dengan ukuran antara No.40 sampai No.100.

b. Pasir Danau atau Pantai

Pasir berbutir halus dan bulat umumnya dicampur dengan pasir kasar. Umumnya berukuran antara No.40 sampai No.200

c. Pasir Sungai

Pasir yang dibawa oleh air dan menggelinding antar butiran sehingga tidak bersudut tajam. Umumnya bebas dari lumpur dan berbutir halus dengan ukuran butiran antara No.4 sampai No.100.

d. Pasir dari Pasir-Batu (Sirtu)

Pasir yang diperoleh dari pengayakan pasir-batu lolos No.4. Kadang-kadang mengandung tanah dan berukuran antara No.4 sampai No.200

e. Pasir Gunung

Pasir yang berasal dari deposit alami dengan sedikit atau tanpa kerikil. Umumnya berukuran antara 3/8" sampai No.200.

f. Pasir Buatan

Pasir yang diperoleh dari pengayakan batu pecah mesin lolos No.4

Berikut adalah ketentuan agregat halus:

**Tabel 2. 4** Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117: 2012	Maks. 10%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2

#### 2.4. Gradasi Agregat

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan.

Gradasi agregat merupakan campuran dari berbagai diameter butiran agregat yang membentuk susunan campuran tertentu. Gradasi agregat ini diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan (dengan ukuran saringan 19,1 mm; 12,7 mm; 9,52 mm; 4,76 mm; 2,38 mm; 1,18 mm; 0,59 mm; 0,149 mm; 0,074 mm), dimana saringan yang paling kasar diletakkan diatas dan yang paling halus terletak paling bawah. Satu saringan dimulai dari pan dan diakhiri dengan tutup (Silvia Sukirman, 1999).

**Tabel 2. 5** Gradasi Agregat Untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat yang lolos terhadap total agregat							
		Stone Matrix Asphalt			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	BC	WC	BC	Base
1½"	37,5	-	-	-	-	-	-	-	100
1"	25	-	-	100	-	-	-	100	90 - 100
¾"	19	-	100	90-100	100	100	100	90 - 100	76-90
½"	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	30-50	20-35	20-28	-	-	53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	14-21	-	-	-	-	21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	12-18	-	-	35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300	10-15	-	-	-	-	9-22	7-20	6-15
No.100	0,150	-	-	-	-	-	6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

Gradasi dibedakan menjadi tiga macam, yaitu gradasi rapat, gradasi seragam dan gradasi timpang.

1. Gradasi Rapat (*Dense Graded/ Well Graded*)

Gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*). Agregat dinamakan bergradasi baik bila persen yang lolos setiap lapis dari sebuah gradasi memenuhi :

$$P = 100 (d/D)^{0,45} \quad (2.1)$$

Dimana :

P = persen lolos saringan dengan ukuran bukaan d mm.

d = ukuran agregat yang sedang diperhitungkan

D = ukuran maksimum partikel dalam gradasi tersebut.

Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapis perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume besar.

2. Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

Gradasi seragam adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/ sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.

3. Gradasi Timpang/Senjang (*Poorly Graded/ Gap Graded*)

Gradasi timpang merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori di atas. Agregat bergradasi timpang umumnya digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi senjang, merupakan campuran agregat dengan 1 fraksi hilang dan 1 fraksi sedikit sekali. Agregat dengan gradasi timpang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak diantara kedua jenis di atas.

## 2.5. Pengujian Agregat

Tahap awal dalam melaksanakan pekerjaan perkerasan beraspal dengan jenis perkerasan Laston adalah perlu mengetahui kualitas bahan yang akan digunakan, apakah memenuhi persyaratan atau tidak.

Adapun dasar perhitungan yang menjadi acuan dalam pengujian material yaitu mengacu pada spesifikasi Bina Marga Edisi 2018 (Revisi 2) sebagai berikut :

### 2.5.1 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan ukuran gradasi butiran yang tertahan saringan No.8 (2,36mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan. Dengan kata lain agregat kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butir 2,36 mm sampai 19 mm. Berikut adalah beberapa perhitungan yang digunakan pada agregat kasar yaitu :

#### a. Keausan Agregat dengan mesin Los Angeles

Keausan Agregat dengan mesin Los Angeles merupakan pengujian untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen. Menurut SNI 2417 : 2008 untuk menghitung keausan agregat maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{(A-B)}{A} \times 100\% \quad (2.2)$$

dimana,

A = berat benda uji semula (gram)

B = berat benda uji tertahan saringan No. 12 (1,70mm) (gram)

#### b. Berat jenis

Dalam pelaksanaannya berat jenis curah adalah suatu sifat yang pada umumnya digunakan dalam menghitung volume yang ditempati oleh agregat dalam berbagai campuran yang mengandung agregat termasuk beton semen, beton aspal dan campuran lain yang diproporsikan atau

dianalisis berdasarkan volume absolut. Berat jenis curah yang ditentukan dari kondisi jenuh kering permukaan digunakan apabila agregat dalam keadaan basah yaitu pada kondisi penyerapannya sudah terpenuhi. Sedangkan berat jenis curah yang ditentukan dari kondisi kering oven digunakan untuk menghitung ketika agregat dalam keadaan kering atau diasumsikan kering. Berat jenis semu (apparent) adalah kepadatan relatif dari bahan padat yang membuat partikel pokok tidak termasuk ruang pori di antara partikel tersebut dapat dimasuki oleh air. Berikut adalah persamaan dalam menentukan berat jenis agregat kasar menurut SNI 1969:2016 :

Berat Jenis Kering

$$S_d = \frac{A}{(B-C)} \quad (2.3)$$

Berat jenis semu

$$S_a = \frac{A}{(A-C)} \quad (2.4)$$

Penyerapan air

$$S_w = \left[ \frac{B-A}{A} \times 100\% \right] \quad (2.5)$$

Keterangan :

S<sub>d</sub> : Berat Jenis Kering

S<sub>a</sub> : Berat Jenis Semu

S<sub>w</sub> : Penyerapan Air

A : berat benda uji kering oven

B : berat benda uji jenuh kering permukaan

C : berat benda uji dalam air

### 2.5.2 Agregat Halus

Agregat halus merupakan hasil desintergrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36 mm). Agregat halus dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian (interlocking) antar butiran, bahan ini dapat terdiri dari butir-butir batu pecah atau pasir alam ataupun dari keduanya. Cara penghitungan berat jenis agregat halus menggunakan piknometer dengan menghitung jumlah air yang dibutuhkan untuk mengisi piknometer pada temperatur yang ditentukan secara volumetric. Berikut adalah beberapa persamaan yang digunakan untuk menentukan besaran agregat halus menurut SNI 1970 : 2016 :

Berat jenis kering

$$S_d = \frac{Bk}{(B+SSD-Bt)} \quad (2.6)$$

Berat jenis semu

$$S_a = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \quad (2.7)$$

Penyerapan air

$$S_w = \frac{SSD-Bk}{Bk} \times 100\% \quad (2.8)$$

Keterangan :

S<sub>d</sub> : Berat Jenis Kering

S<sub>a</sub> : Berat Jenis Semu

S<sub>w</sub> : Penyerapan Air

B<sub>k</sub> : Berat pasir kering

B : Berat piknometer + air

B<sub>t</sub> : Berat piknometer + pasir + air

SSD : Berat pasir kering permukaan

## 2.6. Bahan Pengisi atau *Filler*

*Filler* merupakan bahan berbutir halus yang mempunyai fungsi sebagai pengisi pada pembuatan campuran aspal. *Filler* biasanya berupa debu, batu kapur, debu dolomite, atau semen dan harus bebas dari setiap benda yang harus dibuang. *Filler* mempunyai ukuran yang lolos 100 % lolos dari 0,60 mm dan tidak kurang dari 75 % berat partikel yang lolos saringan 0,075 mm ( saringan basah). Pengujian yang dilakukan untuk bahan pengisi (*filler*) yaitu pengujian berat jenis berdasarkan SNI 15-2531-1991.

Bahan pengisi yang ditambahkan ( *filler added* ) dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*), atau debu kapur padam atau debu kapur magnesium atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89(2014), atau semen atau abu terbang tipe C dan F yang sumbernya disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan Pengisi jenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras Pen 60/70 (Spesifikasi Bina Marga 2018 reivisi 2).

Kebanyakan bahan pengisi akan menyebabkan campuran menjadi sangat kaku dan mudah retak disamping memerlukan aspal yang banyak untuk memenuhi workability. Sebaliknya kekurangan bahan pengisi, mengakibatkan campuran menjadi sangat lentur dan mudah terdeformasi oleh roda kendaraan sehingga menghasilkan jalan yang bergelombang.

## 2.7. Aspal

Aspal adalah material semen hitam, padat atau setengah padat dalam konsistensinya di mana pokok yang menonjol adalah bitumen yang terjadi secara alam atau yang dihasilkan dengan penyulingan minyak (*Petroleum*). Aspal adalah koloida yang rumit dari material *hydrocarbon* yang terbuat dari *Asphaltenes*, resin dan oil. Sedangkan material aspal tersebut berwarna coklat tua hingga hitam dan bersifat melekat, berbentuk padat atau semi padat yang didapat dari alam dengan penyulingan minyak. Aspal dibuat dari minyak mentah (*crude oil*) dan secara umum berasal dari sisa hewan laut dan sisa tumbuhan laut dari masa lampau yang tertimbun oleh dan pecahan batu batuan. Setelah berjuta juta tahun material organik dan lumpur terakumulasi dalam lapisan lapisan setelah ratusan meter, beban dari

beban teratas menekan lapisan yang terbawah menjadi batuan sedimen. Sedimen tersebut yang lama kelamaan menjadi atau terproses menjadi minyak mentah senyawa dasar *hydrocarbon*. Aspal biasanya berasal dari destilasi minyak mentah tersebut, namun aspal ditemukan sebagai bahan alam (issal: asbuton), dimana sering juga disebut mineral (Rian Putrowijoyo,2006).

Aspal adalah suatu bahan bentuk padat atau setengah padat berwarna hitam sampai coklat gelap, bersifat perekat (*cementious*) yang akan melembek dan meleleh bila dipanasi. Aspal tersusun terutama dari sebagian besar bitumen yang kesemuanya terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat dari alam atau hasil pemurnian minyak bumi, atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi atau derivatnya (ASTM, 1994).

Menurut The Asphalt Institute (1993), Bitumen merupakan suatu campuran dari senyawa hidrokarbon yang berasal dari alam atau dari suatu proses pemanasan, atau berasal dari kedua proses tersebut, kadang-kadang disertai dengan sifat non logam yang dapat berbentuk cairan, setengah padat atau padat, dan campuran tersebut dapat larut dalam Karbondisulfida (CS<sub>2</sub>). Aspal yang dipakai dalam konstruksi jalan mempunyai sifat fisis yang penting, antara lain : kepekatan (*consistency*), ketahanan lama atau ketahanan terhadap pelapukan diakibatkan cuaca, derajat pengerasan, dan ketahanan terhadap air.

**Tabel 2. 6** Ketentuan Untuk Aspal

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintetis	
				PG70	PG76
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan <sup>(1)</sup>	
2.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 1,0 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) <sup>(3)</sup>	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan <sup>(2)</sup>	
5.	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7.	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	-	
9.	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	≤ 2,2	

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2



### 2.7.1 Jenis- Jenis Aspal

Aspal yang digunakan pada bahan konstruksi jalan mempunyai jenis aspal alam dan aspal buatan.

#### a. Aspal alam

Aspal alam ditemukan dipulau Buton (Sulawesi Tenggara Indonesia), Perancis, Swiss, dan Amerika Serikat.

#### b. Aspal buatan

Aspal buatan merupakan residu penyulingan minyak bumi, dengan karakteristiknya sangat bergantung dari jenis minyak bumi yang disuling (dikilang). Salah satu aspal dari hasil penyulingan minyak bumi adalah aspal shell.

Dalam penelitian ini digunakan aspal buatan yaitu aspal Shell dan Aspal Elastobond .

#### 1. Aspal Shell pen 60/70

Sejarah royal Dutch Shell di Indonesia dimulai sejak lebih dari 120 tahun lalu dengan penemuan minyak pertama di pangkalan Brandan, Sumatera Utara. Saat ini Shell memiliki bisnis hilir yang kuat di Indonesia. Shell adalah perusahaan migas internasional pertama di Indonesia dan sekarang menjadi perusahaan minyak internasional (IOC). Pada tahun 2006, Shell mengawali bisnis bahan bakar komersial, perkapalan dan bitumen di Indonesia. Shell juga menyediakan berbagai produk pelumas dan dukungan teknis bagi para pelanggan di sektor industri, transportasi dan pertambangan. Produk aspal Shell telah banyak digunakan di banyak proyek jalan raya, jalan tol, bandara dan lintasan balap ternama di seluruh dunia.

Produk ini tentunya sudah memenuhi persyaratan proyek yang ketat. Para teknisi Shell bekerja sama dengan seluruh pemangku kepentingan untuk memberikan solusi pengaspalan yang sesuai kebutuhan. Formulasi fuelsafe menawarkan daya tahan yang lebih baik terhadap kerusakan yang disebabkan oleh tumpahan bahan bakar. Formula ini juga mengurangi resiko munculnya lubang, sehingga meningkatkan daya tahan landasan penghubung. Shell

sebagai pemimpin global teknologi bitumen (aspal) terus bekerja sama dengan para pemangku kepentingan dalam membangun infrastruktur di Indonesia, serta untuk memastikan pengembangan infrastruktur sesuai dengan pertumbuhan negeri.

Kelebihan Aspal Shell pen 60/70 :

I. Harga lebih ekonomis

Pembuatan jalan dengan aspal Shell mengeluarkan biaya yang lebih terjangkau dibanding dengan pembuatan dengan aspal Elastobond.

II. Waktu pembuatan lebih cepat

Proses pembuatan aspal Shell pen 60/70 lebih cepat dari pada aspal Elastobond.

III. Lebih mudah diperbaiki

Jika aspal rusak, perbaikan hanya dilakukan pada area yang rusak dengan menambalnya, proses perawatan lebih mudah dan juga hasilnya lebih rapi.

Kekurangan Aspal Shell pen 60/70 :

I. Kurang tahan lama

Umumnya aspal cenderung lemah terhadap cuaca panas. Suhu yang terlalu tinggi bisa melemahkan pengikat aspal sehingga daya rekatnya berkurang. Jika pada kondisi ini aspal diberikan beban yang cukup berat, maka bagian permukaan aspal akan lebih cepat rusak.

II. Bergantung pada kondisi Tanah

Apabila kondisi tanah buruk serta tidak rata, perlu dilakukan perbaikan tanah terlebih dahulu sebelum ditumpangi konstruksi aspal.

III. Memerlukan sistem drainase

Untuk mengatasi kelemahan aspal terhadap genangan lain, diperlukan pembuangan air atau sistem drainase yang baik agar lapisan aspal tersebut kuat.

## 2. Aspal Polimer

Aspal polimer adalah suatu material yang dihasilkan dari modifikasi antara polimer alam atau polimer sintetis dengan aspal. Modifikasi aspal polimer (atau biasa disingkat dengan PMA) telah dikembangkan selama beberapa dekade terakhir. Umumnya dengan sedikit penambahan bahan polimer (biasanya sekitar 2-6%) sudah dapat meningkatkan hasil ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi, mengatasi keretakan-keretakan dan meningkatkan ketahanan using dari kerusakan akibat umur sehingga dihasilkan pembangunan jalan lebih tahan lama serta juga dapat mengurangi biaya perawatan atau perbaikan jalan. Bahan aditif aspal adalah suatu bahan yang dipakai untuk ditambahkan pada aspal. Penggunaan bahan aditif aspal merupakan bagian dari klasifikasi jenis aspal modifier yang berunsur dari jenis karet, karet sintetis atau buatan juga dari karet yang sudah diolah (dari ban bekas), dan juga dari bahan plastik. Penggunaan campuran polimer aspal merupakan trend yang semakin meningkat tidak hanya karena faktor ekonomi, tetapi juga demi mendapatkankualitas aspal yang lebih baik dan tahan lama. Modifikasi polimer aspal yang diperoleh dari interaksi antara komponen aspal dengan bahan aditif polimer dapat meningkatkan sifat-sifat dari aspal tersebut.

Aspal Polimer terdiri dari dua jenis, yaitu :

### 1. Plastomer

Salah satu teknologi dalam aspal adalah penambahan bahan polymer plastomer dimaksudkan untuk meningkatkan sifat fisik campuran beraspal.

Contoh Plastomer (plastik) antara lain *polypropylene* dan *polyethilene*, sedangkan. Presentase penambahan polymer ini kedalam aspal keras juga harus ditentukan berdasarkan pengujian laboratorium, karena penambahan bahan tambah sampai dengan batas tertentu penambahan ini dapat memperbaiki sifat – sifat rheologi aspal dan campuran, akan tetapi penambahan yang berlebihan justru akan memberikan pengaruh yang negatif.

## 2. Elastomer (karet alam)

Elastomer yaitu polimer yang memiliki sifat elastic. Berupa kumpulan benda yang mempunyai sifat karet asli, karet vulkanisasi, karet olahan ulang, atau karet tiruan.

Bahan karet dari campuran induk karet aspal, dari *Elastomer*, umumnya berupa bahan karet padat. Persoalan yang perlu dipecahkan dalam penggunaan karet padat sebagai bahan tambah didalam pembuatan *joint sealent*. Adalah pembuatan campuran induk yang terdiri dari sebagian besar karet kedalam aspal, pengenceran selanjutnya, sampai pada kadar karet yang umum digunakan dalam *joint sealent* (5%), lebih mudah dilakukan sehingga cara pelarutan karet melalui campuran induk perlu mendapat perhatian. Kini terbuka kemungkinan penggunaan karet jenis mutu rendah seperti *Standard Indonesian Rubber* (SIR), dapat memberikan hasil yang sama seperti karet mutu tinggi yang umum digunakan (Leksminingsih 2009).

Contoh ; karet alam, getah asli, silikon, poliuretan, nesprene, dan lainnya.

Berikut adalah contoh dari aspal Polimer Elastomer :

### I. Aspal Elastobond

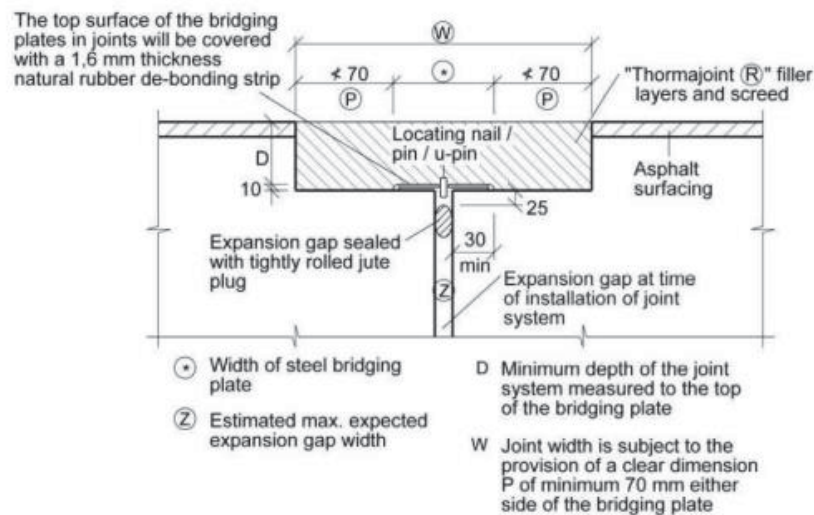
Aspal Elastobond merupakan salah satu aspal yang termasuk kedalam aspal Elastomer yang digunakan pada siar muai. Aspal Elastobond adalah material berbasis aspal yang berguna untuk mengisi celah atau gap dari dua bidang konstruksi yang mungkin bergerak. Bisa juga dipergunakan sebagai bahan aspal, sebagai pengisi celah, memiliki sifat kedap air agar dapat melindungi konstruksi dari kerusakan akibat cuaca. Sangat sesuai diaplikasikan pada retakan, celah antar slab beton, dilatasi gedung, sambungan jembatan dan lain-lain. Mempunyai daya rekat yang baik, titik lembek yang tinggi, dan mudah diaplikasikan dilapangan.

Elastobond adalah material berbasis aspal yang tersusun atas karet elastomer khusus, modified bitumen, filler, dan bahan kimia khusus.

Elastobond memiliki sifat sangat lengket, elastis, tidak mengalir pada temperatur service, dan encer pada temperatur tinggi. Dengan sifat lengket yang tinggi, Elastobond dapat merekat kuat pada dinding beton, sehingga dapat menahan penetrasi air (kedap air). Elastobond tidak mengalir pada temperatur service, sehingga mampu menahan beban lalu lintas.

Aspal Elastobond adalah salah satu dari beberapa jenis bahan pengikat untuk *Asphaltic Plug Joint* dan merupakan sambungan siar muai yang terbuat dari bahan agregat yang dicampur dengan bahan pengikat *binder*, pelat baja sebagai penahan campuran agar tidak jatuh kebawah, dibuat pada temperatur tertentu yang berfungsi sebagai bahan pengisi pada sambungan (Dhimas Syahendra 2012). Bagian lantai jembatan yang berada diatas pilar atau diatas kepala jembatan selalu dihubungkan dengan suatu struktur siar muai jembatan. Struktur ini berfungsi mengeliminair beban kejut kendaraan saat memasuki jembatan, juga gaya horizontal akibat pemuaian, penyusutan, rangkakan dan beban muatan. Tergantung dari besarnya gaya-gaya horizontal ini yang bekerja pada jembatan, maka terdapat sepuluh tipe siar muai diantaranya *Asphaltic Plug Joint*. Tipe ini pertama kali dikembangkan di Inggris pada tahun 1970, yang menghasilkan kinerja yang sangat memuaskan, selanjutnya diterapkan pula di Singapura pada tahun 1985, yang juga memuaskan. Pada tahun 1996 mulai dikembangkan di Indonesia, namun sampai umur kurang lebih 2 tahun memberikan kinerja yang baik.

Bahan binder *Asphaltic* adalah campuran aspal dan karet dengan bahan tambah kimia lainnya. Bahan ini sudah dipatenkan di Pemerintah Inggris dan bahan impor, karena itu harganya mahal (Abdurrohim 2001).



**Gambar 2. 2** Asphaltic Plug Joint sebagai siar muai

Kelebihan aspal Elastobond :

I. Menghasilkan kebisingan lebih rendah

Dibandingkan dengan beton, suara yang dihasilkan dari roda kendaraan ketika bergesekan dengan jalan aspal lebih kecil dan juga tidak bising. Hal ini membuat aspal Elastobond sangat tepat diaplikasikan di jalan raya sehingga suara jalan tidak akan mengganggu fokus pengendara.

II. Memiliki sifat lengket yang tinggi

Sifat lengket yang tinggi adalah hal yang penting jika campuran aspal digunakan pada konstruksi jembatan atau lebih tepatnya pada segmen/celah pada jembatan.

III. Jalan menjadi lebih halus

Berbeda dengan jalan beton yang kehalusan jalan sangat bergantung pada proses pengecoran, jalan aspal lebih mudah untuk dibuat halus tanpa adanya gelombang sehingga pengguna jalan dapat lebih nyaman serta aman ketika berkendara.

Kekurangan aspal Elastobond :

I. Harga tidak ekonomis

Pembuatan campuran aspal dengan Elastobond sangat memerlukan biaya yang tinggi jika dibandingkan dengan aspal Shell pen 60/70.

II. Pengerjaan lebih lama

Dibandingkan dengan aspal Shell pen 60/70, aspal Elastobond memerlukan suhu yang sangat tinggi untuk membuat aspal tersebut menjadi cair dan siap di aplikasikan. Karena suhu tinggi tersebut, pembakaran aspal Elastobond membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan aspal Shell pen 60/70.

III. Memerlukan sistem drainase

Elastobond memiliki sifat kedap air, sehingga diperlukan pembuangan air atau sistem drainase yang baik agar lapisan aspal tetap kuat.

### 2.7.2 Pengujian Karakteristik Aspal

Aspal merupakan material yang memiliki sifat viskoelastisitas yang mana akan melunak dan mencair jika suhu meningkat atau mendapat pemanasan yang intensif dan lama. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya dan mengurangi kandungan pori udara, sehingga dengan kata lain dapat mengurangi penetrasi air dalam campuran. Pemeriksaan aspal tersebut antara lain :

a. Pemeriksaan Penetrasi

Penetrasi adalah suatu cara untuk mengetahui konsistensi aspal. Konsistensi aspal merupakan derajat kekentalan aspal yang sangat dipengaruhi oleh suhu. Untuk aspal keras atau lembek penentuan konsistensi dilakukan dengan penetrometer. Konsistensi dinyatakan dengan angka penetrasi, yaitu masuknya jarum penetrasi dengan beban tertentu ke dalam benda uji aspal pada suhu 25°C selama 5 detik.

Penetrasi dinyatakan dengan angka dalam persatuan milimeter.

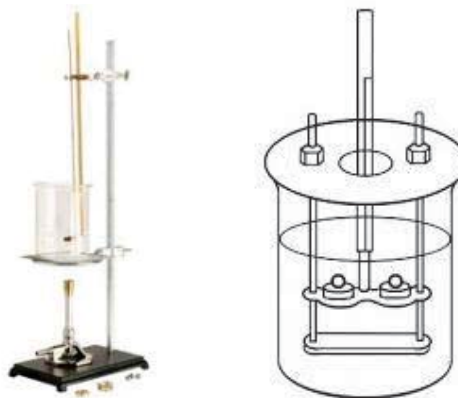
Penentuan konsistensi dengan cara ini efektif terhadap aspal dengan angka penetrasi berkisar 50 – 200. Tata cara pengujian penetrasi aspal ini berdasarkan SNI 2456 : 2011.



**Gambar 2. 3** Penetrometer

b. Titik Lembek

Titik lembek merupakan temperatur saat bola baja dengan berat tertentu, mendesak turun lapisan aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada jarak 25,4 mm sebagai akibat pemanasan. Titik lembek sendiri bervariasi antara 30°C sampai 157°C. Tata cara pengujian titik lembek aspal ini berdasarkan SNI 2434 : 2011.



**Gambar 2. 4** Pengujian Titik Lembek



c. Berat Jenis

Berat jenis aspal adalah perbandingan berat jenis aspal terhadap berat jenis air. Mencari berat jenis dapat dilakukan dengan menggunakan alat piknometer. Berdasarkan SNI 2441 : 2011 Perhitungan berat jenis aspal menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Berat Jenis} = \frac{(C-A)}{[(B-A)-(D-C)]}$$

A = massa piknometer dan penutup

B = massa piknometer dan penutup berisi air

C = massa piknometer, penutup, dan benda uji

D = massa piknometer, penutup, benda uji, dan air

Untuk mencari berat isi benda uji digunakan persamaan berikut :

Berat Isi = Berat Jenis x WT

dimana, WT = berat isi air pada temperatur pengujian



**Gambar 2. 5** Pengujian Berat Jenis Aspal

d. Daktilitas

Daktilitas merupakan nilai keelastisan aspal yang diukur dari jarak terpanjang pemuluran aspal dalam cetakan pada saat putus setelah ditarik dengan kecepatan 50 mm permenit  $\pm 2,5$  mm. Tata cara pengujian ini berdasarkan pada SNI 2432 : 2011.



**Gambar 2. 6** Pengujian Daktilitas Aspal

e. Kehilangan Berat Aspal

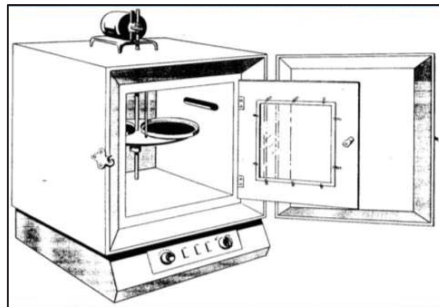
Kehilangan berat aspal merupakan selisih berat sebelum dan sesudah pemanasan pada tebal tertentu pada suhu tertentu. Tata cara pengujian ini berdasarkan pada SNI 06-2440-1991. Untuk mencari nilai kehilangan berat aspal dapat digunakan persamaan berikut :

$$\text{Kehilangan Berat} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (2.9)$$

dimana,

A = berat benda uji mula

B = berat benda uji setelah pemanasan



**Gambar 2. 7** Pengujian Kehilangan Berat Aspal

f. Titik Nyala dan Titik Bakar

Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurangkurangnya 5 detik pada suatu titik diatas permukaan aspal. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan lainnya yang mempunyai titik nyala kurang dari 79°C. pengujian ini dilakukan dengan alat

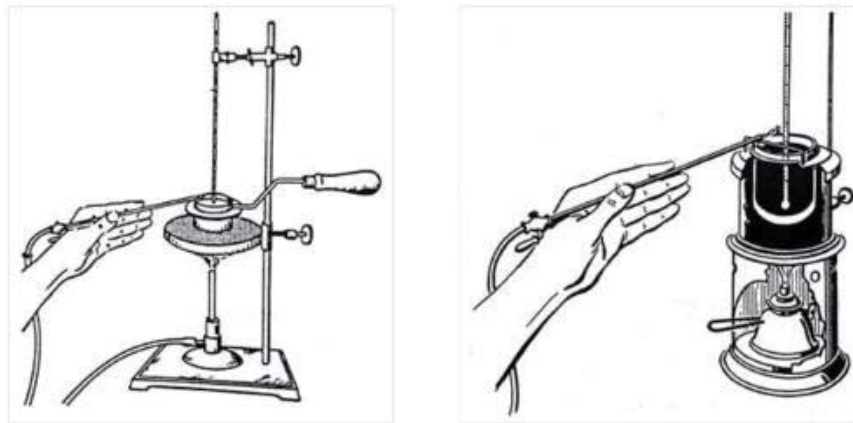
Cleveland open cup. Semua jenis aspal memiliki titik nyala pada rentang 79°C sampai dengan 400°C. Tata cara pengujian titik nyala dan bakar aspal ini berdasarkan pada SNI 06-2433-1991. Persamaan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar adalah :

$$\text{Titik nyala / bakar terkoreksi} = C + 0,25 (101,3 - k) \quad (2.10)$$

Dimana :

C = titik nyala/ bakar (°C)

K = tekanan barometer udara (kPa)

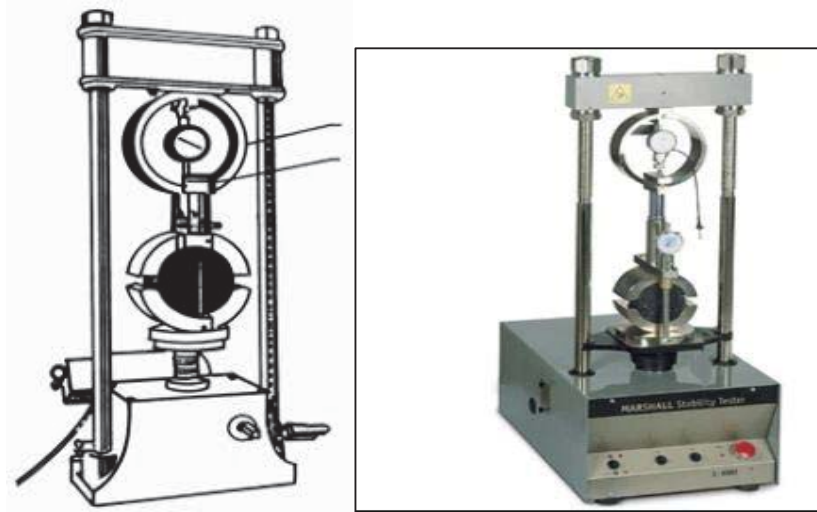


**Gambar 2. 8** Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

## 2.8. Pengujian Marshall

Pengujian dengan alat Marshall dilakukan sesuai dengan prosedur SNI 06-2489-1991 Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran, menentukan ketahanan atau stabilitas terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal.

Hubungan antara ketahanan (stabilitas) dan kelelahan plastisitas (*flow*) adalah berbanding lurus, semakin besar stabilitas, semakin besar pula flownya, dan begitu juga sebaliknya. Jadi semakin besar stabilitasnya maka aspal akan semakin mampu menahan beban, demikian juga sebaliknya. Dan jika *flow* semakin tinggi maka semakin besar perubahan bentuk (deformasi) pada campuran aspal.



**Gambar 2. 9** Alat *Marshall*

## 2.9. Karakteristik Campuran Beraspal

Menurut Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas (*stability*), keawetan (*durability*), kelenturan (*flexibility*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser (*skid resistance*), kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*).

Di bawah ini adalah penjelasan dari ketujuh karakteristik tersebut :

### 1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding.

### 2. Daya Tahan Aspal (*Durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan dan sebagainya.

Keawetan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk mencegah terjadinya perubahan pada aspal dari kehancuran agregat dan

mengelupasnya selaput aspal pada batuan agregat akibat cuaca, air, suhu udara dan keausan akibat gesekan dengan roda kendaraan.

3. Kelenturan (*Flexibility*)

Kelenturan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli.

4. Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.

5. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran.

6. Kedap Air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan pelaksanaan adalah kemampuan campuran aspal beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

Ketujuh sifat campuran aspal beton ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu campuran. Sifat-sifat aspal beton mana yang dominan lebih diinginkan akan menentukan jenis beton aspal yang dipilih. Hal ini sangat perlu diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Jalan yang melayani lalu lintas ringan seperti mobil penumpang sepantasnya lebih memilih jenis beton aspal yang mempunyai sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi dari pada memilih jenis beton aspal dengan stabilitas tinggi.

### **2.9.1 Kepadatan (*Density*) Campuran Beton Aspal**

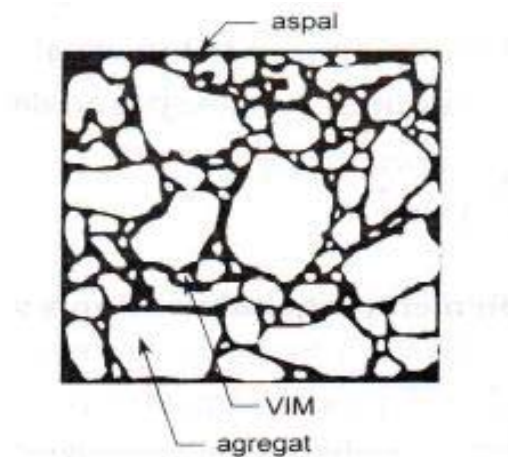
Nilai kepadatan campuran (*density*) adalah derajat kepadatan suatu campuran setelah dipadatkan. Campuran dengan *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan yang rendah. Nilai *density* dipengaruhi oleh kualitas bahan penyusunnya, pelaksanaan pemadatan, temperatur pemadatan, jumlah tumbukannya, berat jenis agregat dan kadar aspal.

Campuran akan memiliki nilai *density* yang tinggi apabila memakai batuan yang memiliki porositas rendah serta campuran dengan rongga antar butir agregat (VMA) yang rendah. Nilai *density* juga meningkat jika kekuatan pada saat pemadatan tinggi, serta pada suhu pemadatan yang tepat. meningkatnya prosentase pemakaian kadar aspal juga akan meningkatkan kerapatan campuran, hal ini disebabkan karena penggunaan kadar aspal yang semakin tinggi akan menyediakan aspal yang lebih banyak untuk mengisi rongga sehingga campuran lebih padat.

Pada umumnya semakin tinggi kadar aspal maka nilai *density* suatu campuran akan semakin meningkat Hal ini dikarenakan dengan penambahan kadar aspal memudahkan agregat yang berukuran kecil mengisi rongga-rongga antar butiran agregat yang ukurannya lebih besar. Peningkatan kadar aspal menyebabkan aspal dalam campuran lebih banyak mengisi rongga dalam campuran sehingga campuran cenderung lebih padat yang berarti nilai *density* semakin meningkat.

### 2.9.2 Volume Pori Dalam Beton Aspal (*Void In The Compacted Mixture/VIM*)

VIM (*Void In The Compacted Mixture*) merupakan prosentase rongga dalam total campuran. Nilai VIM dapat menunjukkan tingkat kedapn suatu campuran. Nilai VIM yang tinggi menunjukkan campuran banyak terdapat rongga sehingga campuran kurang kedap terhadap air dan udara, sehingga campuran akan lebih mudah diresapi air dan teroksidasi, hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada lapis perkerasan. Nilai VIM yang rendah mengakibatkan nilai kekakuan campuran menjadi tinggi. Besarnya nilai VIM sangat dipengaruhi oleh kadar aspal, cara pepadatan dan gradasi batuan.



**Gambar 2. 10** Ilustrasi Pengertian VIM

Pada perkerasan AC-WC, nilai VIM yang disyaratkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 adalah 3-5%. Lapis perkerasan yang memiliki VIM terlalu rendah akan mudah mengalami *bleeding*. Hal ini terjadi karena rongga yang ada dalam campuran kecil, sehingga tidak tersedia ruang yang cukup dan mengakibatkan aspal naik ke permukaan ketika dilakukan pepadatan dilapangan. Sebaliknya, nilai VIM yang terlalu besar akan mengurangi kedapn campuran, sehingga keawetan perkerasan menjadi menurun.

### **2.9.3 Volume Pori Beton Aspal Padat Yang Terisi Oleh Aspal (*Voids Filled with Bitumen/ VFB*)**

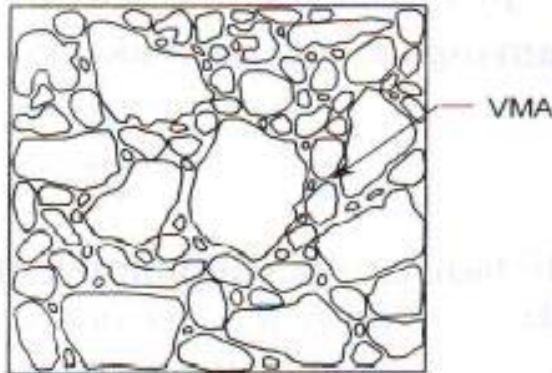
Nilai VFB menyatakan persentase rongga yang dapat terisi aspal. Besarnya nilai VFB menentukan tingkat keawetan campuran. Nilai VFB yang besar menunjukkan jumlah aspal yang mengisi rongga besar sehingga kekedapan campuran akan meningkat. Nilai VFB yang terlalu besar akan mengakibatkan terjadinya *bleeding* pada saat temperatur tinggi, yang disebabkan VIM yang terlalu kecil, sehingga apabila perkerasan menerima beban, maka aspal akan naik ke permukaan. Sebaliknya, nilai VFB yang terlalu kecil akan menyebabkan kekedapan campuran perkerasan semakin kecil dan aspal dalam campuran akan teroksidasi dengan udara dan keawetan campuran akan berkurang.

### **2.9.4 Volume Pori Dalam Agregat Campuran Beton Aspal (*Void in the Mineral Agregat/VMA*)**

*Void In The Mineral Agregat* (VMA) adalah prosentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga yang terisi aspal efektif. Faktor-faktor yang mempengaruhi VMA antara lain adalah jumlah tumbukan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VMA berpengaruh pada sifat kekedapan dan , keawetan campuran terhadap air dan udara bebas serta kekakuan campuran. Semakin tinggi nilai VMA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, namun nilai VMA yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan potensi terjadinya *bleeding* pada perkerasan lebih tinggi pada saat menerima beban pada temperatur tinggi. Nilai VMA yang terlalu rendah menunjukkan kecilnya



jumlah aspal yang mengisi rongga, sehingga akan menyebabkan lapisan kurang dapat mengikat agregat yang berakibat perkerasan mudah terjadi *stripping*.



**Gambar 2. 11** Ilustrasi Pengertian VMA

### **2.9.5 Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Stabilitas Campuran Aspal Beton**

Nilai stabilitas adalah besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa terjadinya deformasi. Perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Stabilitas yang terlalu tinggi akan menyebabkan campuran terlalu kaku sehingga akan mudah terjadi retak-retak pada saat campuran menerima beban. Sebaliknya dengan stabilitas yang rendah maka perkerasan akan mudah mengalami rotting oleh beban lalu lintas atau oleh perubahan bentuk subgrade. Besarnya nilai stabilitas dipengaruhi oleh *frictional resistance* dan *interlocking* yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campurannya. Kekuatan kohesi bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat, tetapi apabila telah tercapai nilai optimum maka penambahan kadar aspal akan menyebabkan penurunan stabilitas.

### **2.9.6 Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai *Flow* ( Kelelahan ) Campuran Aspal Beton**

Flow atau kelelahan adalah besarnya deformasi yang terjadi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi dari campuran perkerasan akibat beban yang bekerja padanya. Campuran yang memiliki nilai kelelahan tinggi dengan nilai stabilitas rendah cenderung bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk apabila mengalami pembebanan lalu lintas

yang tinggi. Sedangkan campuran dengan kekelehan rendah dan stabilitas yang tinggi cenderung bersifat getas. Nilai flow campuran dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat serta jumlah dan temperatur pemadatan.

Nilai flow yang disyaratkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 untuk campuran beton aspal adalah diantara 2 - 4 mm. Campuran dengan nilai flow lebih kecil dari 2 mm mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga perkerasan mudah mengalami retak. Sebaliknya campuran dengan nilai flow yang terlalu tinggi (> 4 mm) mengakibatkan perkerasan memiliki deformasi yang semakin tinggi.

## 2.10. Volumetrik Campuran Beton Aspal

Beton aspal dibentuk dari agregat, aspal, dan atau tanpa bahan tambahan, yang dicampur secara merata atau homogen di instalasi pencampuran pada suhu tertentu. Campuran kemudian dihamparkan dan dipadatkan, sehingga berbentuk beton aspal padat. Secara analitis, dapat ditentukan sifat volumetrik dari beton aspal padat, baik yang dipadatkan di laboratorium, maupun di lapangan.

### 2.10.1 Berat Jenis *Bulk* dari Agregat Campuran

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi *filler* yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering (*bulk spesific gravity*) dan berat jenis semu (*apparent grafity*). Setelah didapatkan Kedua macam berat jenis pada masing-masing agregat pada pengujian material agregat maka berat jenis dari total agregat tersebut dapat dihitung dalam persamaan berikut:

$$Gsb_{\text{totagregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{Gsb_1} + \frac{P_2}{Gsb_2} + \frac{P_3}{Gsb_3} + \dots + \frac{P_n}{Gsb_n}} \quad (2.11)$$

Keterangan:

$Gsb_{\text{totagregat}}$  : Berat jenis kering agregat gabungan, (gr/cc)

$Gsb_1, Gsb_2, Gsb_n$  : Berat jenis kering dari masing-masing agregat 1, 2, 3..n, (gr/cc)

$P_1, P_2, P_3, \dots$  : Prosentase berat dari masing-masing agregat, (%)

### 2.10.2 Berat Jenis Efektif Agregat Campuran

Berat jenis maksimum campuran (Gmm) diukur dengan AASHTO T.209-90, maka berat jenis efektif campuran (Gse), kecuali rongga udara dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat dihitung dengan rumus berikut yang biasanya digunakan berdasarkan hasil pengujian kepadatan maksimum teoritis.

$$Gse = \frac{Pmm - Pb}{\frac{Pmm \cdot Pb}{Pmm \cdot Gb}} \quad (2.12)$$

Keterangan:

Gse : Berat jenis efektif/ efektif specific gravity, (gr/cc)

Gmm : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pepadatan (gr/cc)

Pmm : Persen berat total campuran (=100%)

Pb : Prosentase kadar aspal terhadap total campuran, (%)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

Gb : Berat jenis aspal

### 2.10.3 Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran, Gmm pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Berat jenis maksimum dapat ditentukan dengan T 209-90. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Sebaliknya pengujian berat jenis maksimum dilakukan dengan benda uji sebanyak minimum dua buah (duplikat) atau tiga buah (triplikat).

Selanjutnya Berat Jenis Maksimum (Gmm) campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung menggunakan berat jenis efektif (Gse) rata-rata sebagai berikut:

$$Gse = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}} \quad (2.13)$$

Keterangan:

Gmm : Berat jenis maksimum campuran,(gr/cc)

Pmm : Persen berat total campuran,(=100%)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran,(%)

Pb : Persentase kadar aspal terhadap total campuran,(%)

Gse : Berat jenis efektif/ *efektive spesific gravity*,(gr/cc)

Gb : Berat jenis aspal,(gr/cc)

#### 2.10.4 Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap berat campuran. Perhitungan penyerapan aspal (Pba) adalah sebagai berikut:

$$Pba = 100 \times \frac{Gse - Gsb}{Gse \times Gsb} \times Gb \quad (2.14)$$

Keterangan:

Pba : Penyerapan aspal, persen total agregat,(%)

Gsb : Berat jenis bulk agregat,(gr/cc)

Gse : Berat jenis efektif agregat,(gr/cc)

Gb : Berat jenis aspal,(gr/cc)

#### 2.10.5 Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif (Pbe) campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja perkerasan beraspal. Rumus Kadar aspal efektif adalah :

$$Pbe = Pb - \frac{Pba}{100} Ps \quad (2.15)$$

Keterangan:

Pbe : Kadar aspal efektif, persen total campuran,(%)

Pb : Kadar aspal, persen total campuran,(%)

Pba : Penyerapan aspal, persen total agregat,(%)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran,(%)

### 2.10.6 Rongga Dalam Agregat (*Void in the Mineral Agregat/VMA*)

Rongga dalam agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan berat jenis bulk (Gsb) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total.

VMA yang kecil menyebabkan aspal menyelimuti agregat terbatas, sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan.

Nilai VMA akan meningkat seiring dengan bertambahnya selimut aspal atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka.

Perhitungan VMA terhadap campuran adalah dengan rumus berikut ini :

$$VMA = 100 - \left[ \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \right] \quad (2.16)$$

Keterangan:

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total,(%)

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan,(gr/cc)

Gsb : Berat jenis bulk agregat,(gr/cc)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran,(%)

### 2.10.7 Rongga Dalam Campuran (*Void In The Compacted Mixture/ VIM*)

Rongga dalam campuran atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat. Berdasarkan peraturan Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \quad (2.17)$$

Keterangan:

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total, (%)

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

Gmm : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

### 2.10.8 Rongga Terisi Aspal (*Voids Filled with Bitumen/ VFB*)

Rongga terisi aspal (VFB) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk perkerasan Laston (AC), angka prosentase minimal yang harus didapat adalah 65%. Rumusan perhitungan VFB adalah sebagai berikut:

$$VFB = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \quad (2.18)$$

Keterangan:

VFB : Rongga udara yang terisi aspal, prosentase dari VMA, (%)

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total (%)

VIM : Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total (%)

### 2.10.9 Stabilitas Marshall

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang (deformasi permanen), alur ataupun *bleeding* (keluarnya aspal ke permukaan). Berdasarkan surat edaran Dirjen Bina Marga Nomor 16.1/SE/Db/2020 nilai stabilitas Marshall untuk perkerasan Laston-Lapis Aus yang harus dicapai adalah 800 kg (minimum).

Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar agregat, penguncian butir partikel (*interlock*) dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Sehingga stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan :

- 1) Agregat dengan gradasi yang rapat
- 2) Agregat dengan permukaan kasar
- 3) Agregat berbentuk kubikal
- 4) Aspal dengan penetrasi rendah
- 5) Aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat Marshall. Selain itu pada umumnya alat Marshall yang digunakan bersatuan Lbf (*pound force*), sehingga harus disesuaikan satuannya terhadap satuan kilogram. Selanjutnya nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan atau volume benda uji.

Angka-angka stabilitas benda uji didapat dari pembacaan alat uji *Marshall*. Angka stabilitas ini masih harus dikoreksi lagi dengan kalibrasi alat dan ketebalan benda uji. Nilai stabilitas dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S = q \times k \times H \times 0,454 \quad (2.19)$$

Keterangan :

S = Stabilitas (kg).

q = Pembacaan stabilitas alat (lb).

k = Faktor kalibrasi alat.

H= Koreksi tebal benda uji.

0,454 = Konversi satuan dari (lb) ke (kg).

#### **2.10.10 Kelelahan (*Flow*)**

Flow adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi kestabilan maksimum sehingga sampel hancur, dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Pengukuran Flow bersamaan dengan pengukuran nilai stabilitas Marshall. Nilai Flow mengindikasikan campuran bersifat elastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban. Nilai Flow dipengaruhi oleh kadar aspal dan viskositas aspal, gradasi, suhu, dan jumlah

pemadatan. Semakin tinggi nilai Flow, maka campuran akan semakin elastis. Sedangkan apabila nilai flow rendah, maka campuran sangat potensial terhadap retak.

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas seperti di atas nilai flow berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. angka yang menunjukkan besarnya penurunan vertikal pada benda uji, Hanya saja untuk alat uji jarum dial flow biasanya sudah dinyatakan dalam mm atau 0,01”

#### 2.10.11 *Marshall Quotient (MQ)*

*Marshall Quotient* adalah nilai pendekatan yang hampir menunjukkan nilai kekakuan suatu campuran beraspal dalam menerima beban. Hasil bagi Marshall/*Marshall Quotient (MQ)* merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan (*Flow*) dan dinyatakan dalam satuan kg/mm atau kN/mm. Sifat Marshall tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus di halaman berikut:

$$MQ = \frac{MS}{MF} \quad (2.20)$$

keterangan:

- MQ : *Marshall Quotient*, (kg/mm)  
 MS : Stabilitas / *Marshall Stability* (kg)  
 MF : Flow Marshall, (mm)