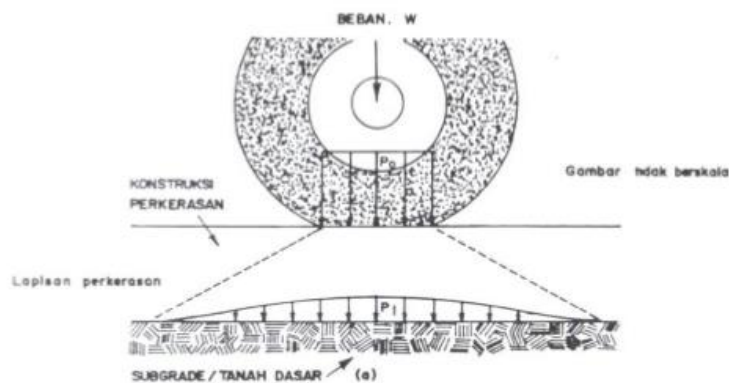


## BAB III LANDASAN TEORI

### 3.1 Konstruksi Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapis di bawahnya. Material utama dalam lapisan perkerasan jalan adalah agregat yang diikat oleh bahan ikat berupa aspal dan semen untuk membentuk perkerasan kedap air. Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikatnya (sukirman,1993).



**Gambar 3.1 Penyebaran Beban Roda Melalui Lapis Perkerasan  
Jalan**

(Sumber : Sukirman, 1993)

Aspal beton terdiri dari atas 3 macam lapisan, yaitu *asphalt concrete-wearing course*, *asphalt concrete-binder course*, dan *asphalt concrete-base course*. Dengan ketebelan minimum masing-masing 4 cm, 5 cm, 6 cm. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing lapisan.

#### 1. *Asphalt concrete-wearing course*

Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non-struktural, AC-WC dapat

menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan.

2. *asphalt concrete-binder course*

lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*wearing course*) dan diatas lapisan pondasi (*base course*). Lapisan ini tidak terhubung langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan di teruskan ke lapisan dibawahnya.

3. *asphalt concrete-base*

lapisan ini merupakan perkerasan yang terletak dibawah lapisan pengikat (*AC-BC*), perkerasan tersebut tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang disebarkan melalui roda kendaraan.

### **3.2 *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11***

Menurut Riyanto dkk. (2015) *Split Mastic Asphalt (SMA)* adalah satu jenis konstruksi *hotmix* bergradasi terbuka, yang tersusun atas *split* (agregat besar dengan kadar tinggi  $\pm 75\%$ ), *mastic asphalt* (campuran agregat sedang, *filler*, dan aspal dengan kadar yang relatif tinggi), serta bahan *additive* yang dicampur di AMP (*Asphalt Mixing Plant*) dalam keadaan panas. Sedangkan menurut Chairussyah (2011) menyatakan *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* adalah campuran agregat panas bergradasi terbuka dengan bahan tambah serat selulosa. Campuran ini akan menghasilkan mutu campuran agregat aspal yang tahan terhadap oksidasi, retak, lendutan, dan gelombang yang disebabkan oleh lalu lintas berat dan keausan akibat roda kendaraan. Persyaratan campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Persyaratan Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) 0/11**

Jenis Pemeriksaan	<i>Split Mastic Asphalt</i>	
	Minimum	Maksimum
Stabilitas (kg)	750	-
<i>Flow</i> (mm)	2	4
<i>Marshall Quotient</i> (Kn/mm)	1,9	3,0
<i>VITM</i> (%)	3	5
Kadar aspal efektif (%)	6	
Kadar Penyusutan aspal (%)		1,5
Kadar aspal total (%)	6,5	-
Kandungan serat selulosa (%) (% total campuran dalam serat)	0.3	
Stabilitas <i>Marshall</i> setelah perendaman 18 jam pada 60°C (% dari stabilitas asal) (kg)	75	

Sumber : Puslitbang Jalan (1999) dalam Sitanggang (2007)

### 3.3 Material Penyusun Perkerasan Lentur

Material yang akan digunakan dalam perkerasan lentur jalan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, aspal, dan dapat ditambahkan bahan tambah lainnya sesuai dengan jenis campuran aspal yang digunakan.

#### 3.3.1 Agregat

*ASTM* (1974) mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun fragmen-fragmen. Agregat/batuan merupakan unsur komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75%-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan, dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain (Sukirman,1993).

Berdasarkan besar partikel-partikel agregat, agregat dapat dibedakan atas :

1. Agregat kasar, yaitu agregat yang tertahan ayakan no.4 (4,75mm).
2. Agregat halus, yaitu agregat yang harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan no.4 (4,75mm).
3. Bahan pengisi (*filler*), yaitu bahan pengisi yang lolos ayakan no.200 (0,075 mm), dan tidak kurang dari 95% terhadap beratnya.

Berdasarkan ketentuan Binamarga 2010 dapat dilihat pada tabel 3.2 dan tabel 3.3 ketentuan untuk agregat kasar dan agregat halus . Berikut ini adalah ketentuan agregat kasar dan agregat halus.

**Tabel 3.2 Ketentuan Agregat Kasar**

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407 : 2008	Maks.12%
	Magnesium sulfat		Maks.18%
Abrasi dengan mesin Los Angles <sup>1)</sup>	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	Maks. 6%
		500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks.40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar		SNI 7619:2012	95/90 <sup>*)</sup>
Partikel pipih pada agregat kasar		ASTM D4179 Perbandingan 1: 5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No.200		SNI 09-4142-1996	Maks. 2%
Catatan : *) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dari 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih			

Sumber : Binamarga (2010)

**Tabel 3.3 Ketentuan Agregat Halus**

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	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 C11 : 2012	Maks. 10%

Sumber : Binamarga (2010)

### 3.3.2 Gradasi Agregat

Sukirman (1993) menyatakan gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting untuk menentukan stabilitas perkerasan/gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga diantara butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Berikut ini rancangan gradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* dapat dilihat pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4 Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11***

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi Lolos Saringan (%)	
	Mm		Range	Ideal
1.	19	3/4"	100	100
2.	12,5	1/2"	90-100	95
3.	9,5	3/8"	50-65	57
4.	4,75	No.4	30-45	37,5
5.	2,36	No.8	20-30	25
6.	0,3	No.50	10-22	16
7.	0,075	No.200	8-12	10

Sumber : Kimbangwil (1999) dalam Perwitasari (2013)

### 3.3.3 Aspal

*Asphalt Institute* (2011) dalam Susanti (2004) menyatakan aspal adalah material *bituminous* berwarna hitam yang mengandung hidrokarbon. Aspal juga merupakan material *thermoplastic* yang dapat berubah akibat perubahan temperatur, akan cair jika dipanaskan dan mengeras pada suhu rendah. Bahan campuran aspal biasanya disebut aspal semen atau aspal binder dengan kekentalan tinggi, bahan perekat yang melekat dengan mudah pada butiran agregat. Aspal semen juga bersifat kedap air.

Menurut Sukirman (1993) berdasarkan cara diperolehnya aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal buatan. Aspal alam yang dibedakan atas aspal gunung (*rock asphalt*) seperti aspal dari pulau buton dan aspal danau (*lake asphalt*) seperti

aspal dari bermuda *trinidad*. Aspal buatan yang terdiri dari aspal minyak yang merupakan hasil penyulingan minyak bumi dan tar yang merupakan hasil penyulingan batu bara.

Aspal keras/*cement* (AC) atau biasanya disebut aspal padat terdiri dari beberapa jenis aspal semen tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada suhu 25°C ataupun berdasarkan nilai viskositasnya. Di Indonesia pada umumnya digunakan aspal semen dengan penetrasi 60/70 dan 80/100. Ketentuan-ketentuan untuk aspal keras dapat dilihat pada tabel 3.5.

**Tabel 3.5 Ketentuan-ketentuan Aspal Keras**

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Aspal Pen. 60/70
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70
2.	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160-240
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6461-2000	≥300
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥48
5.	Daktilitas Pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥100
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥232
7.	Kelarutan Dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥99
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥1,0
9.	Stabilitas Penyimpanan : Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976 Part 6.1	-
10.	Partikel Yang Lebih Halus Dari 150 Micron (μm) (%)		

Sumber : Binamarga (2010)

### 3.3.4 *Filler*

Totomiharjo (1995) menyatakan bahwa *filler* adalah suatu bahan berbutir halus yang lolos ayakan No.200 (0,075 mm). Bahan *filler* dapat berupa debu batu, kapur, *portland cement*, atau bahan lainnya. Dalam campuran beton aspal *filler* memiliki peran tersendiri, untuk mendapatkan beton aspal yang memenuhi ketentuannya. Penggunaan *filler* dalam beton aspal akan memengaruhi karakteristik beton aspal tersebut, efek tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut.

1. Efek penggunaan bahan pengisi terhadap karakteristik beton aspal.
  - a. Efek penggunaan bahan pengisi terhadap *viskositas* campuran :
    - 1) Efek penggunaan berbagai bahan pengisi terhadap *viskositas* tidak sama.
    - 2) Luas permukaan bahan pengisi yang semakin besar akan menaikkan *viskositas* campuran bila dibandingkan dengan luas yang kecil.
    - 3) Adanya *affinitas* yang menyebabkan jumlah aspal yang dapat diserap oleh berbagai *filler* cukup bervariasi. Pada keadaan *viskositas* naik, jumlah aspal yang diserap semakin besar.
  - b. Efek penggunaan bahan pengisi terhadap *daktilitas* dan *penetrasi* campuran :
    - 1) Kadar bahan pengisi yang semakin tinggi akan menurunkan *daktilitas*, hal ini terjadi pada berbagai suhu.
    - 2) Jenis bahan pengisi akan menaikkan *viskositas* atau menurunkan *penetrasi* aspal.
  - c. Efek suhu dan pemanasan  
Jenis dan kadar bahan pengisi memberikan pengaruh yang saling berbeda pada berbagai temperatur.
2. Efek penggunaan bahan pengisi terhadap karakteristik campuran kadar bahan pengisi dalam proses pencampuran akan mempengaruhi dalam proses pencampuran, penghamparan, dan pemadatan. Disamping itu kadar dan jenis bahan pengisi akan mempengaruhi campuran dan *sensitifitas* terhadap air.

### 3.3.8 Aditif

Aditif adalah bahan tambah yang diberikan pada campuran panas agregat aspal yang berfungsi sebagai bahan stabilisasi aspal. Bahan ini akan mencegah penguraian pada pencampuran, pengangkutan, penghamparan, dan pemadatan. *Split Mastic Asphalt (SMA)* biasanya menggunakan bahan tambah berupa fiber selulosa.

Serat selulosa sebagai bahan aditif pada konstruksi perkerasan berguna untuk mengurangi sifat yang merugikan aspal akibat kenaikan suhu. Selain itu selulosa memperbaiki campuran aspal mencegah terjadinya retak, mencegah terjadinya pemisahan campuran.

Dedak padi merupakan hasil proses penggilingan padi. Dedak tersusun dari tiga bagian yang masing-masing berbeda kandungan zatnya. Salah satu bagian tersebut adalah kulit gabah yang banyak mengandung serat kasar dan mineral, sehingga dengan serat ini baik digunakan untuk bahan aditif sebagai serat selulosa campuran aspal (tahir, 2011).

### 3.4.8 Abu Sekam Padi

Menurut Lubis dkk. (2009) secara visual abu sekam padi adalah material berwarna abu-abu dengan bentuk butiran yang halus, padat, dan bulat. Abu sekam padi harus lolos saringan No.200 (0,075) dan bersifat non plastis.

Menurut Rosyidi (2012) abu sekam padi selain murah (ekonomis) juga memiliki kandungan SiO<sub>2</sub> yang cukup tinggi dan mudah di dapat, dan juga merupakan limbah dari sisa proses yang tidak termanfaatkan dengan baik, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*).

Penelitian yang dilakukan Ismadarni dkk, (2013) abu sekam padi yang dibakar memiliki sifat *pozzolan* yang mengandung unsur silika yang tinggi, rata-rata SiO<sub>2</sub> 96,70% dengan *ponzzolanic activity index* 87%. *Pozzolan* ini mengandung sifat sementasi jika bercampur dengan air. Silika merupakan unsur pokok abu sekam padi yang menguntungkan, karena pada kondisi yang sesuai dapat bereaksi dengan kapur bebas membentuk gel yang bersifat sebagai bahan ikat. Secara tipikal komposisi kimia abu sekam padi meliputi SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO,



MgO, Cl, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Na<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub> dan sedikit unsur lainnya. Komposisi abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 3.7.

**Tabel 3.6 Komposisi Kimia Abu Sekam Padi**

Unsur Kandungan	Persentase (%)
SiO <sub>2</sub>	86,90-97,30
K <sub>2</sub> O	0,58-2,50
Na <sub>2</sub> O	0,00-1,75
CaO	0,20-1,50
MgO	0,12-1,96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	~0,54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,2-2,85
SO <sub>3</sub>	0,1-1,13

Sumber : Saiyidatul Umah (2010) dalam Susanto dkk (2014)

### 3.5.8 Air Laut

Air laut adalah kumpulan air asin yang sangat banyak dan luas di permukaan bumi yang menghubungkan satu benua ke benua lainnya dan satu pulau ke pulau lainnya. Air laut memiliki sifat korositas yang sangat agresif. Secara umum derajat keasaman air laut berkisar antara 8,2 sampai 8,4 dimana mengandung air sebanyak 96,5%, sedangkan material terlarut dalam bentuk molekul dan ion sebanyak 3,5%. Material yang terlarut tersebut 89% terdiri dari garam *chlor* sedangkan sisanya 11% terdiri dari unsur-unsur lainnya. Tiga sumber utama garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik, dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal (*hydrothermal vents*) di dalam air laut (2015).

Beberapa hal yang menyebabkan air laut bersifat agresif dan sangat merusak adalah sebagai berikut.

1. Air laut merupakan elektrolit yang memiliki sifat konduktivitas tinggi.
2. Mempunyai kandungan oksigen terlarut yang tinggi.
3. Temperatur permukaan air laut umumnya tinggi.

4. Ion klorida yang terkandung pada air laut merupakan ion agresif.

### **3.6 Kinerja Campuran Beraspal**

Sukirman (1993), menyatakan bahwa aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan jalan yang terdiri campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Kinerja campuran beton beraspal bisa di lihat dari kekuatan, kelenturan, kelelahan, kemudahan pelaksanaan, dan kedap terhadap air.

#### **3.6.1 Fleksibilitas (Kelenturan)**

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Fleksibilitas kemampuan beton aspal menyesuaikan diri akibat penurunan dan pergerakan pondasi atau tanah dasar tanpa terjadi retak, yaitu dengan cara berikut ini.

1. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh nilai *VMA* yang besar.
2. Penggunaan aspal lunak berpenetrasi tinggi.
3. Penggunaan aspal yang cukup banyak agar diperoleh *VIM* yang tinggi.

#### **3.6.2 *Skid Resistance* (Tahanan Geser/Kekesatan)**

Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau waktu basah maupun kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dan ban kendaraan. Faktor geser tinggi jika penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tak terjadi bleding, penggunaan agregat dengan permukaan yang kasar, penggunaan agregat berbentuk kubus, dan penggunaan agregat kasar yang cukup.

#### **3.6.3 Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)**

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang

diharapkan. Faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan meliputi gradasi agregat, temperatur campuran, dan kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan yang sukar.

### 3.6.4 Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya (*rutting*) dan retak. *VIM* yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan badan kelelahan yang lebih cepat, sedangkan *VMA* yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan yang fleksibel. Menurut Sukirman (2003), volumetrik beton aspal dapat diketahui dengan menggunakan beberapa parameter. Diantaranya adalah volume *bulk* ( $V_{mb}$ ), *VMA*, *VIM*, dan *VFWA*.

#### 1. Berat jenis (*Specific gravity*)

##### a. Berat jenis *bulk* total agregat

Berat jenis *bulk* ( $G_{sb}$ ) agregat total dapat dihitung dengan Persamaan 3.1.

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \quad (3.1)$$

Dengan :

$G_{sb}$  = berat jenis *bulk* total agregat

$P_1, P_2, P_n$  = persen berat masing-masing agregat

$G_1, G_2, G_n$  = persen berat jenis masing-masing agregat

##### b. Berat jenis efektif total agregat

Berat jenis efektif agregat ( $G_{se}$ ) termasuk semua rongga dalam partikel kecuali yang diserap oleh aspal dapat dihitung dengan Persamaan 3.2.

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \quad (3.2)$$

Dengan :

$G_{se}$  = berat jenis efektif total agregat

$G_{mm}$  = berat jenis maksimum campuran aspal (tanpa rongga)

$P_{mm}$  = persentase berat dari total campuran yang belum padat = 100

$P_b$  = kadar aspal, persen berat total dari campuran

$G_b$  = berat jenis aspal

c. Berat jenis maksimum campuran

Berat jenis campuran dapat dilihat pada Persamaan 3.3.

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \quad (3.3)$$

Dengan :

$G_{mm}$  = berat jenis maksimum campuran aspal (tanpa rongga udara)

$P_{mm}$  = persentase berat dari total campuran yang belum padat =100

$P_b$  = kadar aspal, persen berat total dari campuran

$P_s$  = kadar agregat, persen berat total dari campuran

$G_{se}$  = berat jenis efektif total agregat

$G_b$  = berat jenis aspal

2. Volumetrik campuran

a. Kerapatan (*density*) campuran

Kerapatan campuran dapat dihitung dengan Persamaan 3.4.

$$G_{mb} = \frac{W_b + W_s}{V_{mb}} \times g_w \quad (3.4)$$

Dengan :

$G_{mb}$  = Kerapatan campuran/berat jenis *bulk* campuran (gr/cc)

$W_b$  = berat kering aspal (gram)

$W_s$  = berat kering agregat (gram)

$V_{mb}$  = Volume padat benda uji (cc)

$g_w$  = berat volume air (gr/cc)

b. Rongga di dalam campuran atau *Voids in the Mix (VITM)*

*VITM* adalah volume pori yang masih tersisa pada campuran beton aspal yang dipadatkan. *VITM* dibutuhkan untuk tempat bergesernya butur-butir agregat, akibat pemadatan yang terjadi akibat repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. *VITM* dapat dihitung dengan rumus Persamaan 3.5.

$$VITM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad (3.5)$$

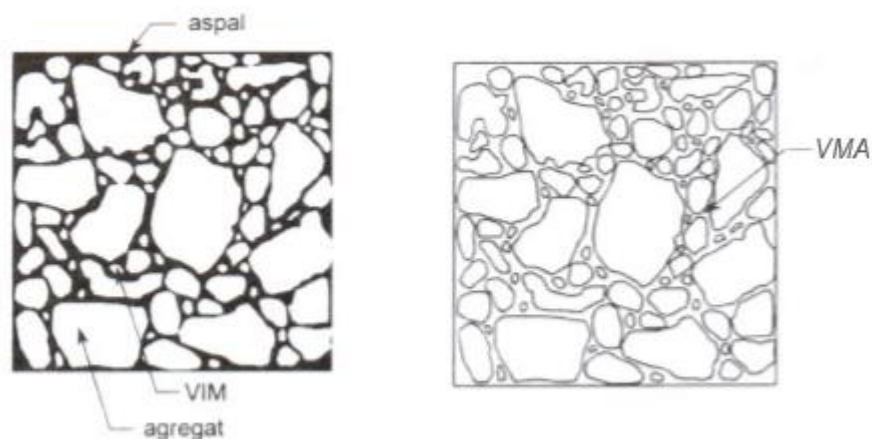
Dengan :

*VITM* = rongga udara di dalam campuran aspal padat, persen berat total dari campuran

$G_{mm}$  = berat jenis maksimum campuran aspal (rongga tanpa udara)

$G_{mb}$  = berat jenis *bulk* campuran padat

- c. Rongga didalam agregat atau *Voids in the Mineral Aggregate (VMA)*  
*VMA* adalah banyaknya pori di antara butir-butir agregat di dalam beton aspal yang padat yang dinyatakan dalam perentase. *VMA* akan meningkat jika selimut aspal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka.



**Gambar 3.2 Ilustrasi Pengertian *VMA* dan *VITM***

(Sumber : Sukirman, 2003)

Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persentase dari beton aspal padat, *VMA* dapat di hitung pada Persamaan 3.6.

$$VMA = 100 - \frac{Gmb - Ps}{Gsb} \quad (3.6)$$

Dengan :

*VMA* = volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

*Gmb* = berat jenis *bulk* dari beton aspal padat

*Ps* = kadar agregat, % terhadap beton aspal padat

*Gsb* = berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat

d. *Volume of Void Filled with Asphalt (VFWA)*

*VFWA* adalah volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal, atau volume film/selimut aspal. Aspal yang mengisi *VFWA* adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, atau dengan kata lain *VFWA* merupakan persentase volume beton aspal padat menjadi film atau selimut aspal. Perhitungan *VFWA* dapat dilihat pada Persamaan 3.7.

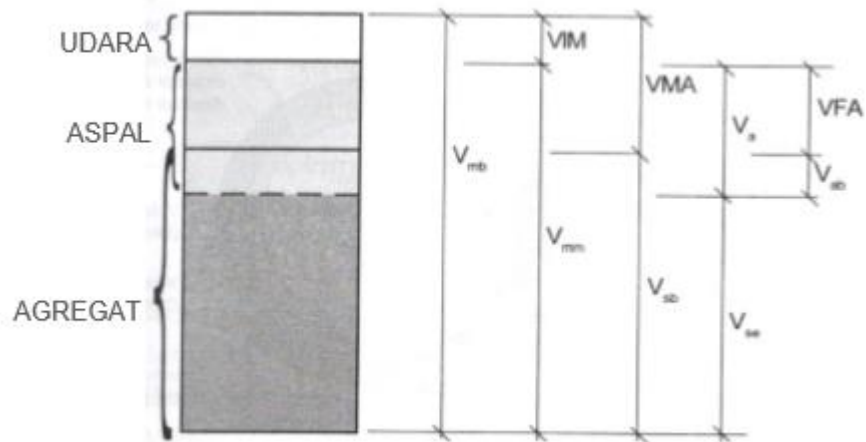
$$VFWA = \frac{100 \times (VMA - VIM)}{VMA} \quad (3.7)$$

Dengan :

*VFWA* = volume pori antara agregat yang terisi aspal, % dari *VMA*

*VMA* = volume pori antara butir agregat yang terisi aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

*VIM* = volume pori dalam beton aspal padat, % volume *bulk* beton aspal padat



**Gambar 3.3 Skematis Jenis Volume Beton Aspal**

(Sumber : Sukirman 2003)

### 3.6.5 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalulintas dan beban kendaraan yang akan memakai kendaraan tersebut. Nilai stabilitas harus sebanding dengan beban yang diterima kendaraan yang lewat. Kelelahan (*flow*) adalah besarnya deformasi vertikal dari rancangan benda uji yang terjadi dari awal pembebanan sampai kondisi kestabilan menurun pada saat pengujian *marshall*. Nilai kelelahan (mm) menunjukkan besarnya deformasi benda uji akibat pembebanan yang diberikan dapat dibaca pada saat melakukan pengujian stabilitas. Untuk mendapatkan temperatur benda uji sesuai dengan temperatur dengan temperatur di lapangan maka sebelum dilakukan pengujian benda uji di masukan kedalam *water bath* dengan suhu 60°C dengan lama pemanasan 30-40 menit. Pengujian dilakukan dengan menempatkan benda uji pada alat *Marshall*, kemudian diberikan beban dengan kecepatan 2 inci/ menit atau 51mm/ menit. Rumus untuk menghitung nilai stabilitas dapat dilihat pada Persamaan 3.8.

$$q = p \times q \quad (3.8)$$

dengan :

q = nilai stabilitas

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi *proving ring*

q = angka koreksi benda uji

### 3.6.6 Kedap Air (Impremeability)

Kedap air bearti kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan beton aspal. Air dan udara mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan menjadi indikator kekedapan air campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya. *Impermeability* perkerasan di ukur dengan cara koefisien aliran atau permeabilitas. Pengukuran permeabilitas dapat dihitung pada Persamaan 3.19.

$$k = \frac{v \times L \times \gamma_{air}}{P \times A \times T} \quad (3.9)$$

Dengan :

k = koefisien permeabilitas (cm/detik)

L = tinggi sampel (cm)

$\gamma_{air}$  = berat jenis air (kg/cm<sup>3</sup>)

P = tekanan air pengujian (kg/cm<sup>2</sup>)

A = luas penampang benda uji (cm<sup>2</sup>)

T = lama waktu perembesan (detik)

Klasifikasi campuran aspal berdasarkan permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 3.8.



**Tabel 3.7 Klasifikasi Campuran Aspal Berdasarkan Permeabilitas**

No.	K (cm/sec)	Permeability
1.	$1 \times 10^{-8}$	<i>Impervious</i>
2.	$1 \times 10^{-6}$	<i>Practically Impervious</i>
3.	$1 \times 10^{-4}$	<i>Poor Drainage</i>
4.	$100 \times 10^{-4}$	<i>Fair Drainage</i>
5.	$1000 \times 10^{-4}$	<i>Good Drainage</i>

Sumber : Suparma (1997) dalam Chairussyah (2001)

### **3.6.7 Durability (keawetan/daya tahan)**

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun akibat gesekan kendaraan. Berikut ini faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton.

1. Film aspal atau selimut aspal, film asal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang durabilitasnya tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi tinggi.
2. *VIM* kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh/getas.
3. *VMA* besar, sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika *VMA* dan *VIM* kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya bleeding besar. Untuk mencapai *VMA* yang besar ini dipergunakan agregat bergadrasi senjang.

Durabilitas bisa didapatkan dengan melakukan perendaman pada aspal. Pengujian perendaman dilakukan untuk mengetahui pengaruh air terhadap campuran perkerasan aspal. Stabilitas benda uji ditentukan setelah satu hari perendaman di dalam air pada suhu 60°C. Campuran agregat-agregat dengan indeks perendaman semakin besar dapat menyebabkan tingkat durabilitas campuran semakin besar. Nilai indeks stabilitas sisa (*IRS*) dapat di hitung menggunakan Persamaan 3.10.

$$IRS = \frac{MSi}{MSs} \times 100 \quad (3.10)$$

Dengan :

*IRS* = Indeks Stabilitas Sisa, (%)

*Msi* = stabilitas *Marshall* Perendaman (24 jam), (kg)

*MSs* = stabilitas *Marshall* standar (1/2 jam) (kg)

### 3.6.8 Karakteristik Kuat Tarik Tak Langsung

Pengujian tarik tak langsung *Indirect Tensile Strength Test* dilakukan dengan memberikan pembebanan tunggal atau berulang pada benda uji yang berbentuk silinder dan pembebanan ini sejajar dengan diameter vertikal dari benda ujinya. Test tersebut dilakukan pada benda uji tersebut dilakukan pada benda uji sampai titik batas kerusakan yang diindikasikan dengan terjadinya retak pada arah vertikal benda uji (hakim, 2004). Berdasarkan dari hasil test benda uji dapat dilakukan perhitungan *ITS* dengan rumus Persamaan 3.11.

$$ITS = \frac{2P_{maks}}{\rho \times t \times d} \quad (3.11)$$

Dengan :

*ITS* = *Indirect Tensile Strength* (N/mm<sup>2</sup>)

*P<sub>maks</sub>* = pembebanan maksimum (N)

*t* = tinggi rata-rata benda uji (mm)

*d* = diameter benda uji (mm)

### 3.6.9 Karakteristik *Cantabro*

Pengujian *cantabro* merupakan salah satu pengujian laboratorium untuk mengetahui besarnya batas kekuatan hancur/keausan akibat pengaruh impact (tumbukan/pembebanan) beban roda lalu lintas. Pembebanan lalu lintas pada lapis permukaan perkerasan secara berulang-ulang akan menyebabkan lapis perkerasan

menjadi aus, menyebabkan lapis perkerasan mengalami penurunan sifat daya tahan mesin *Los Angeles* tanpa menggunakan bola baja (Mashuri, 2014).

Batubara (2004) menyatakan pengujian *Cantabro* dilakukan untuk menentukan besarnya berat benda uji pada campuran beraspal yang telah dilakukan pengujian terhadap berat awal benda uji dan persentase kehilangan berat yang dapat di terima tidak lebih dari 25% pada temperatur 25°C. Nilai *Cantabro* dapat di hitung menggunakan Persamaan 3.12.

$$CALi = \frac{(mi1 - mi2)}{mi1} \times 100 \quad (3.12)$$

Dengan :

CALi = *Cantabro Abrasion Loss* (%)

Mi1 = berat mula-mula benda uji (*specimen*) (gr)

Mi2 = berat benda uji (*specimen*) setelah pengujian (gr)

### 3.6.10 *Marshall Quotient (MQ)*

*Marshall Quotient* merupakan perbandingan antara stabilitas terhadap nilai kelelahan dalam suatu kg/mm yang menunjukkan nilai fleksibilitas campuran aspal. Nilai *MQ* yang besar menunjukkan kekakuan lapis perkerasan tinggi dan berakibat mudah mengalami retak-retak, sedangkan *MQ* yang terlalu rendah menunjukkan lapis perkerasan terlalu elastis yang berakibatkan perkerasan mengalami deformasi yang besar bila menerima beban lalu lintas (Sitanggang, 2007). Nilai *MQ* dapat dihitung dengan Persamaan 3.13.

$$MQ = \frac{\text{stability (kg)}}{\text{flow (mm)}} \quad (3.13)$$

Dengan :

*MQ* = *Marshall Quotient* (kg/mm)