

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Umum**

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanan diharapkan tidak terjadi kerusakan. Agar perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang baik saat pelayanan jalan, maka perkerasan dibuat berlapis-lapis yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Lapisan paling atas disebut juga lapisan permukaan merupakan lapisan yang paling baik mutunya, kemudian lapis pondasi yang terletak di atas lapisan tanah dasar, Sukirman (2003).

Di dalam konstruksi jalan, ada dua jenis perkerasan, yaitu perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan lentur (*flexible pavement*). dan penelitian ini hanya dilakukan pada jenis perkerasan lentur.

Perkerasan lentur jalan adalah perkerasan campuran beraspal panas yang terdiri dari kombinasi agregat yang dicampur dengan aspal. Pencampuran dilakukan sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti aspal dengan maksimal. Untuk mengeringkan agregat dan mengerjakannya, maka keduanya harus dipadatkan masing-masing pada suhu tertentu, Bina Marga (1999).

#### **3.2 Karakteristik Material Penyusun Perkerasan**

##### **3.2.1 Aspal**

Aspal adalah material *thermoplastis* yang akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur, yang dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspal walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Bersama dengan

agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan, Sukirman (2003).

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan menjadi aspal minyak dan aspal alam.

#### 1. Aspal Minyak

Merupakan aspal yang terbuat dari minyak bumi yang diproses dan nanti menghasilkan residu aspal. Hasil destilasi minyak bumi menghasilkan bensin, minyak tanah, dan solar yang diperoleh pada temperatur berbeda-beda, setelah mengalami banyak proses maka didapat aspal yang didapat berbentuk padat, bisa juga berbentuk cair dan emulsi pada temperatur ruang.

#### 2. Aspal Alam

Merupakan aspal yang berasal langsung dari alam tanpa melewati proses pengolahan, contohnya Aspal alam dapat diperoleh di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara, di Danau Pitch, Republik Trinidad, di sekitar perairan Segitiga Bermuda. Kandungan aspal pada pulau Buton dan danau Pitch bukan aspal murni atau aspal tercampur mineral lain, sedangkan kandungan aspal pada perairan Segitiga Bermuda berupa aspal murni.

Pada penelitian ini digunakan aspal keras dengan penetrasi 60/70 dari Pertamina yang memiliki syarat spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Persyaratan Aspal Pen 60/70, Spesifikasi Bina Marga**

No.	Jenis Pemeriksaan	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi 25°C; 100 gr; 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Titik Lembek, °C	SNI 06-2434-1991	≥ 48
3	Titik Nyala; °C	SNI 06-2433-1991	≥ 232
4	Kelarutan CCL <sub>4</sub> , % berat	RSNI M-04-2004	≥ 99
5	Daktalitas 25°C, cm	SNI 06-2432-1991	≥ 100
6	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
7.	Stabilitas Penyimpanan (°C )	ASTM D 5976 part 6.1	-

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

### 3.2.2 Agregat

Agregat adalah material dari batuan atau sejenisnya yang memiliki ukuran beragam dan digunakan sebagai bahan utama pembuatan perkerasan jalan. *ASTM (American Society for Testing And Materials)* (1995), mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar atau berupa fragmen-fragmen.

Pembagian agregat berdasarkan ukuran butiran.

1. Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari saringan No. 8 (2,36),
2. Agregat Halus, adalah agregat dengan ukuran butiran lebih halus dari saringan No.8 (2,36), dan
3. Bahan Pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan No.200 (0,075).

Adapun persyaratan agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 di bawah ini.

**Tabel 3.2 Ketentuan Agregat Kasar**

Pengujian	Standar	Nilai
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	SNI 2417-2008	Maks. 30%
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)	SNI 03-6877-2002	95/90
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10 cm)		80/75
Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791	Maks. 10%
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%
Berat jenis	SNI-03-1959-1990	Maks.0,2 dari agregat halus
Penyerapan air	SNI-03-1959-1990	Maks. 3%

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

**Tabel 3.3 Ketentuan Agregat Halus**

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10cm)	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10cm)		Min. 40
Berat jenis	SNI 03-1970-1990	Mak. 0,2 dari agregat kasar
Penyerapan air	SNI 03-1970-1990	Maks. 3%

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

### 3.2.3 Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah pembagian dari variasi ukuran butir agregat. Gradasi agregat berpengaruh pada besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workabilitas (kemudahan dalam pekerjaan) serta stabilitas campuran. Gradasi agregat diperoleh dari hasil penyaringan satu set saringan. Didalamnya terdapat saringan dari ukuran besar ke ukuran kecil. kemudian ditimbang berat masing-masing material agregat yang tertahan saringan dan dinyatakan dalam persen berat agregat.

### 3.2.4 Bahan Pengisi (*Filler*)

*Filler* adalah material agregat halus pengisi dalam campuran perkerasan aspal. Disamping itu, kadar dan jenis *filler* akan berpengaruh terhadap kepadatan lapis perkerasan tersebut. Adapun ketentuan *filler* pada campuran aspal, menurut Bina Marga (2010) adalah sebagai berikut.

1. bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan Umum,
2. bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-1968-1990 harus

mengandung bahan yang lolos saringan No.200 (0,075) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya, dan

3. campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2% dari berat total agregat.

Adapun persyaratan *filler* dapat dilihat Tabel 3.4 di bawah ini.

**Tabel 3.4 Ketentuan *Filler***

Pengujian	Standar	Nilai
Material lolos saringan no.200	SNI 03-6723-2002	Min. 75%

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

Talk adalah mineral lunak dengan nama kimia magnesium silikat hidrat ( $Mg_3SiO_{10}(OH)_2$ ). Talk ialah mineral yang memiliki kekerasan 1 skala Mohs, menjadikannya sebagai mineral paling lembut dan tidak larut oleh air. Talk dihasilkan dari mineral yang disebut dengan *talc* atau *magnesium trisilicate*. Dalam bentuk alamnya, talk ditemukan berbentuk batuan yang pada dasarnya talk tidak berbahaya terkena kulit bila ditemukan tanpa terkandung mineral lain yang berbahaya seperti asbestos. Talk dapat diperoleh dengan proses penambangan yang biasanya berwarna putih keabuan. Talk sudah dieksploitasi oleh sejumlah negara seperti di Eropa, Amerika Serikat, dan Tiongkok, (Sukarno dkk., 2018).

Talk yang ditambang kemudian disortir berdasarkan kualitasnya lalu digiling menjadi bubuk halus dan diuji tingkat kemurniaannya. Pada penelitian ini digunakan bubuk talk halus yang murni. bubuk talk sendiri berfungsi sebagai pengeras dengan tekstur agak lentur yang sudah digunakan pada banyak industri, peneliti berharap apabila bubuk talk ditambahkan sebagai *filler* pengganti pada campuran beraspal maka akan meningkatkan stabilitas dari campuran tersebut serta campuran tidak akan kaku (fleksibel).

### 3.3 Campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*)

Campuran AC-WC adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat, *filler*, dan aspal, dan lapisan perkerasan ini terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus, lapisan kedap air, lapisan yang menahan beban

roda, dan lapisan yang menyebarkan beban kelapisan dibawahnya. Campuran ini memiliki tekstur paling halus dibanding jenis laston lainnya yang di kembangkan oleh Bina Marga bersama dengan pusat Litbang jalan, seperti *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base*, ketiga jenis laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan.

Campuran laston yang dihasilkan harus memenuhi persyaratan seperti yang tercantum di dalam Tabel 3.5. Ketebalan campuran laston yang dibuat harus memenuhi syarat seperti pada Tabel 3.6. Gradasi yang dipakai dalam campuran laston menggunakan persyaratan laston (*AC-WC*) gradasi halus seperti pada Tabel 3.7. yang ada pada tabel berikut ini.

**Tabel 3.5 Persyaratan Campuran Laston Aspal**

Sifat-sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)		5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112	
Rongga dalam campuran ( <i>VITM</i> ) (%)	Min.	3,5					
	Maks.	5,0					
Rongga dalam Agregat ( <i>VMA</i> ) (%)	Min.	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal ( <i>VFWA</i> ) (%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min.	800				1800	
	Maks.	-				-	
Pelelehan (mm)	Min.	3				4,5	
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min.	250				300	
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60 °C	Min.	90					
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal ( <i>refusal</i> )	Min.	2,5					

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

**Tabel 3.6 Persyaratan Tebal Minimum Campuran Beraspal**

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Latasir Kelas A		SS-A	1,5
Latasir Kelas B		SS-B	2,0
Lataston	Lapis Aus	HRS-WC	3,0
	Lapis Pondasi	HRS-Base	3,5
Laston	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC-BC	6,0
	Lapis Pondasi	AC-Base	7,0

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

**Tabel 3.5 Gradasi Laston AC-WC**

Ukuran Saringan		Batas Gradasi % Berat yang lolos
No.	(mm)	(AC-WC) Halus
1"	25,4	
3/4"	19	100
1/2"	12,5	90 - 100
3/8"	9,5	72 - 90
No. 4	4,75	54 - 69
No. 8	2,36	39,1 - 53
No. 16	1,18	31,6 - 40
No. 30	0,600	23,1 - 30
No. 50	0,300	15,5 - 22
No. 100	0,150	9 - 15
No. 200	0,075	4 - 10

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

### 3.4 Karakteristik *Marshall Test*

*Marshall test* merupakan tes wajib untuk beton aspal, untuk mengetahui dan memenuhi sifat aspal beton sesuai dengan yang direncanakan. Pada uji *Marshall* akan diketahui berapa persen kandungan aspal yang diperlukan untuk gradasi batuan yang telah direncanakan, yang menghasilkan kuat tekan optimum (disebut sebagai stabilitas *Marshall*, atau juga disebut sebagai *Static Stability test*,

dinyatakan dalam kg) dari silinder beton aspal (benda uji), yang telah di rendam pada suhu 60°C, Soehartono (2014). Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton campuran panas adalah sebagai berikut.

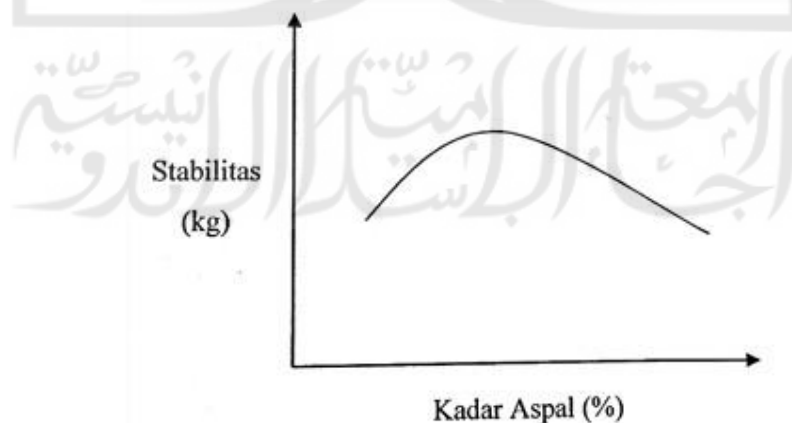
#### 3.4.1 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menahan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur (*rutting*), dan *bleeding* (kegemukan). Semakin tinggi nilai stabilitas maka semakin kuat perkerasan dalam menahan beban lalu lintas. Nilai stabilitas memiliki persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu minimum 800 kg dan dapat dihitung dengan Persamaan 3.1 sebagai berikut.

$$q = p \times s \times 0,4536 \quad (3.1)$$

Keterangan:

- q = Nilai stabilitas (kg)
- o = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat
- p = Koreksi tebal benda uji
- 0,4536 = Konversi satuan dari lb ke kg



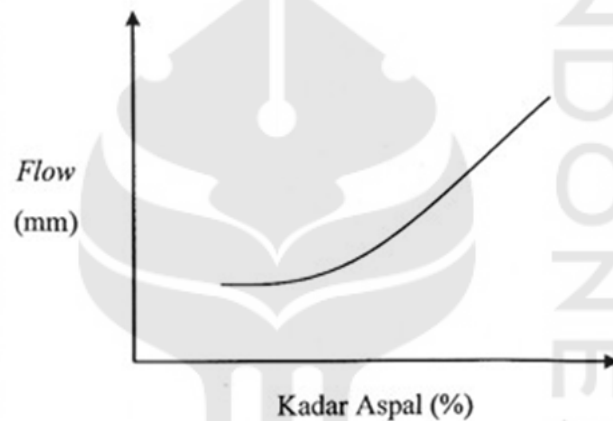
**Gambar 3.1 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas**

(Sumber: Sukirman, 1992)



### 3.4.2 Kelelahan Plastis (*Flow*)

Kelelahan plastis merupakan keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau sama dengan 0,01 inch. Angka *flow* didapatkan dari pembacaan arloji yang menyatakan deformasi benda uji dalam satuan panjang (mm). Nilai *flow* memiliki persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu minimum 2 mm.



**Gambar 3.2 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Flow***

(Sumber: Sukirman, 1992)

### 3.4.3 *Marshall Quotient (MQ)*

*Marshall Quotient (MQ)* adalah perbandingan nilai stabilitas dan *flow* suatu campuran aspal yang dipakai sebagai pendekatan untuk mengukur tingkat fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Semakin rendah nilai *MQ* campuran maka semakin tinggi nilai fleksibilitasnya, dinyatakan dalam satuan kg/mm atau kN/mm. Nilai *MQ* memiliki persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu minimum 250 kg/mm dan bisa diperoleh dari Persamaan 3.2 sebagai berikut.

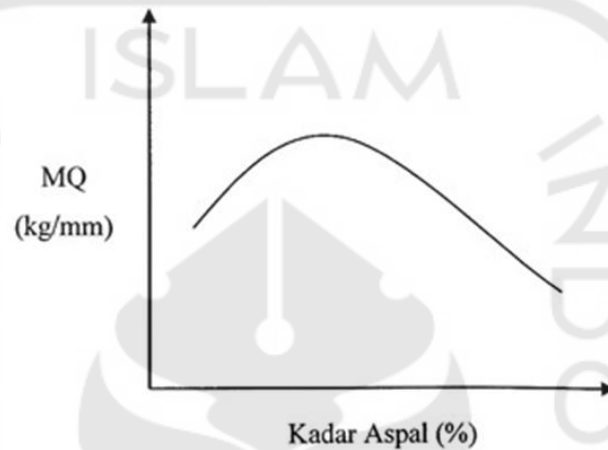
$$s = \frac{q}{r} \quad (3.2)$$

Keterangan :

s = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

q = Nilai stabilitas (kg)

r = Nilai *flow* (mm)



**Gambar 3.3 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *MQ***

(Sumber: Sukirman, 1992)

#### 3.4.4 *Void In Material Aggregate (VMA)*

*VMA* adalah rongga diantara agregat pada suatu campuran perkerasan padat yang terdapat rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat) yang dinyatakan dalam persen terhadap volume. Nilainya akan naik dengan naiknya kadar aspal optimum. Bila nilai *VMA* naik, nilai *flow* akan naik, tetapi stabilitasnya akan menurun. Nilai *VMA* memiliki persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu minimum 15% dan bisa diperoleh dari Persamaan 3.3 dan Persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$l = 100 - j \quad (3.3)$$

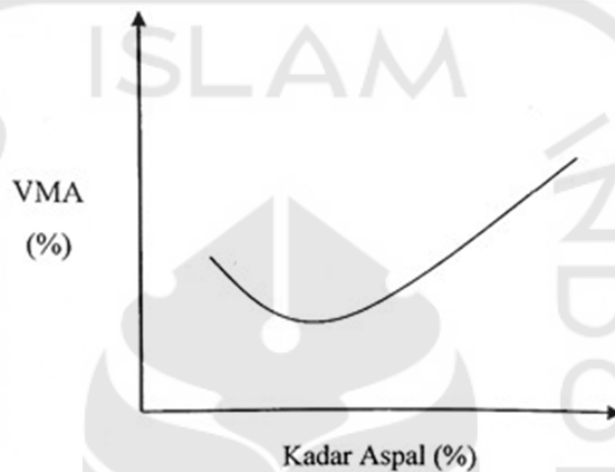
$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \quad (3.4)$$

Keterangan:

l = Nilai *VMA* (%)

b = Presentase aspal terhadap campuran (%)

g = Nilai *density* (gr/cc)



**Gambar 3.4 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA**

(Sumber: Sukirman, 1992)

#### 3.4.5 *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

*VFWA* yaitu besar persentase rongga yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat, sehingga kekedapan campuran terhadap udara dan air menjadi tinggi (baik). Nilai *VFWA* memiliki persyaratan Bina Marga 2010 yaitu minimum sebesar 65% dan dapat diperoleh dari Persamaan 3.5 sampai Persamaan 3.9 sebagai berikut.

1. Persentase aspal terhadap campuran

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \quad (3.5)$$

Keterangan:

a = Persentase aspal terhadap batuan (%)

b = Persentase aspal terhadap campuran (%)

2. Persentase aspal terhadap agregat

$$m = 100 \times \frac{i}{l} \quad (3.6)$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{BJ Aspal}} \quad (3.7)$$

$$l = 100 - j \quad (3.8)$$

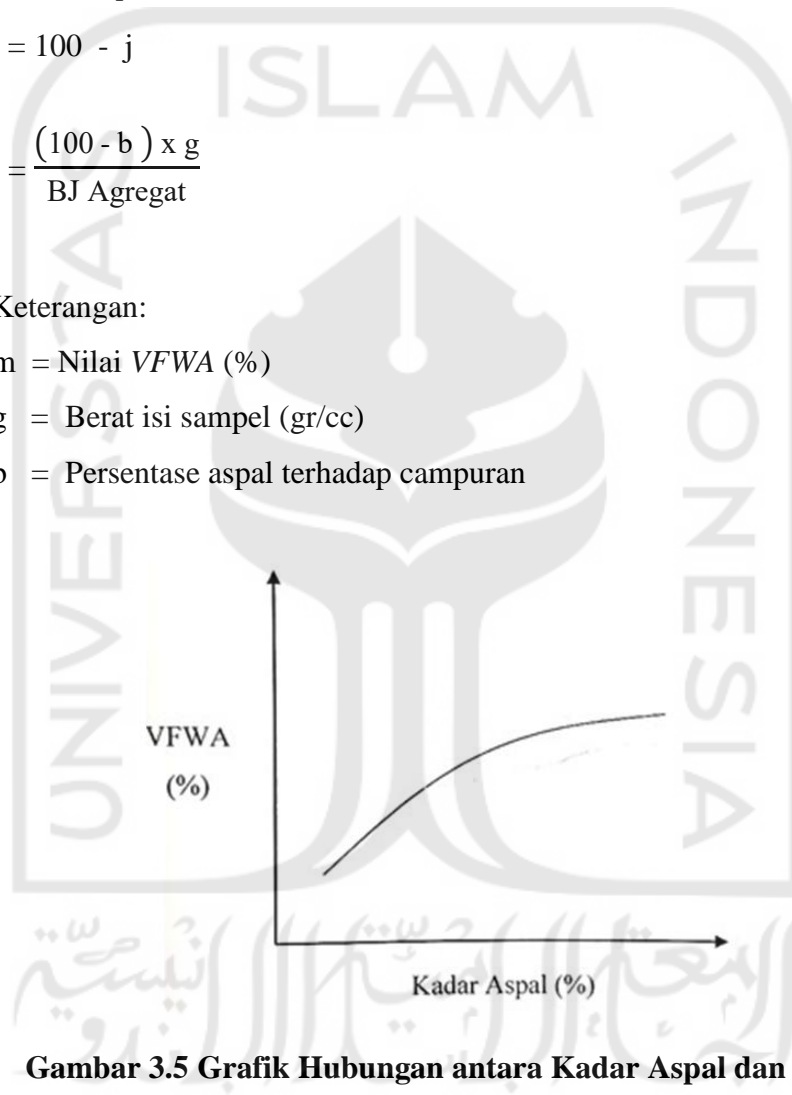
$$j = \frac{(100 - b) \times g}{\text{BJ Agregat}} \quad (3.9)$$

Keterangan:

m = Nilai VFWA (%)

g = Berat isi sampel (gr/cc)

b = Persentase aspal terhadap campuran



**Gambar 3.5 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA**

(Sumber: Sukirman, 1992)

### 3.4.6 Void In The Mix (VITM)

*Void In The Mix (VITM)* adalah presentase rongga dalam campuran yang diukur terhadap volume total campuran. Semakin banyak jumlah rongga maka tingkat kepadatannya semakin rendah, dan begitu pula sebaliknya. Nilai *VITM*

memiliki batas minimum dan batas maksimum persyaratan Bina Marga 2010 yaitu sebesar 3,5% - 5,5% dan dapat diperoleh dari Persamaan 3.10 dan Persamaan 3.11 sebagai berikut.

$$n = 100 - \left(100 - \frac{g}{h}\right) \quad (3.10)$$

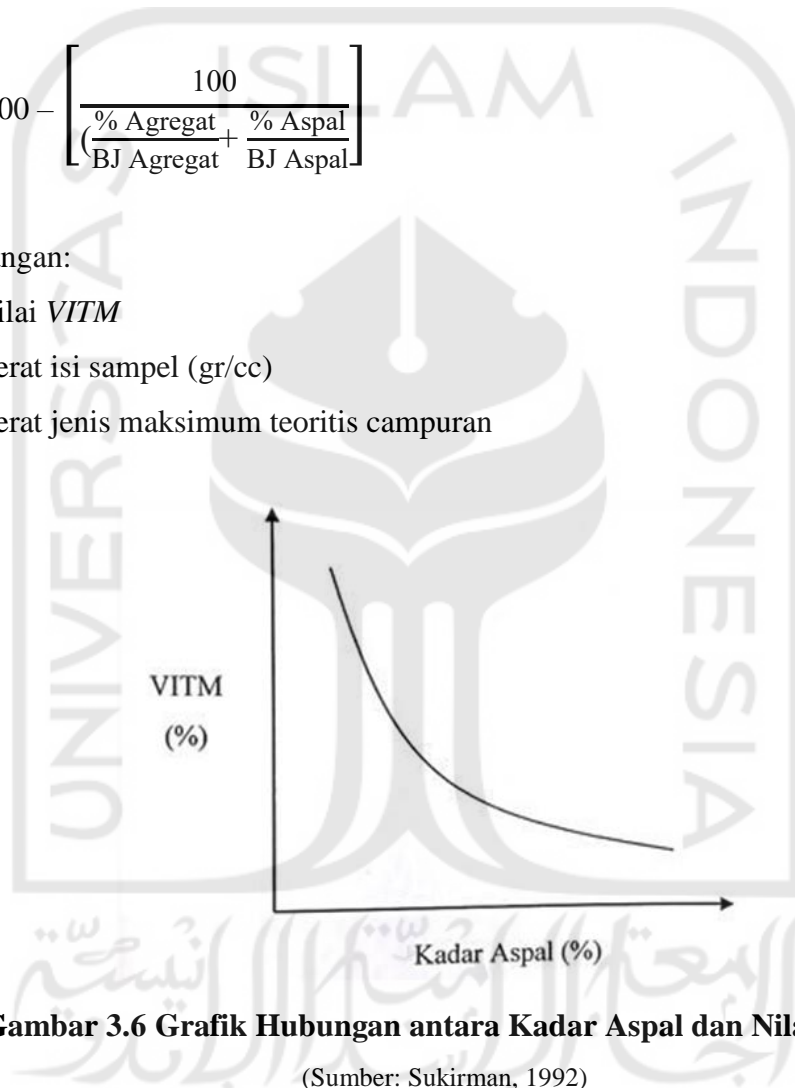
$$h = 100 - \left[ \frac{100}{\left(\frac{\% \text{ Agregat}}{\text{BJ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{\text{BJ Aspal}}\right)} \right] \quad (3.11)$$

Keterangan:

$n$  = Nilai *VITM*

$g$  = Berat isi sampel (gr/cc)

$h$  = Berat jenis maksimum teoritis campuran



**Gambar 3.6 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VITM***

(Sumber: Sukirman, 1992)

### 3.4.7 Kepadatan (*Density*)

*Density* adalah berat campuran yang diukur tiap satuan volume. Meningkatnya kadar aspal diikuti oleh meningkatnya *density*, hal ini dikarenakan aspal melumuri partikel sehingga memudahkan upaya pemadatan untuk menekan partikel untuk saling mengikat dan saling mengisi rongga. Nilai kepadatan

persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu minimum 2 gr/cc dan dapat dihitung dengan Persamaan 3.12 dan Persamaan 3.13 sebagai berikut.

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.12)$$

$$f = d - e \quad (3.13)$$

Keterangan:

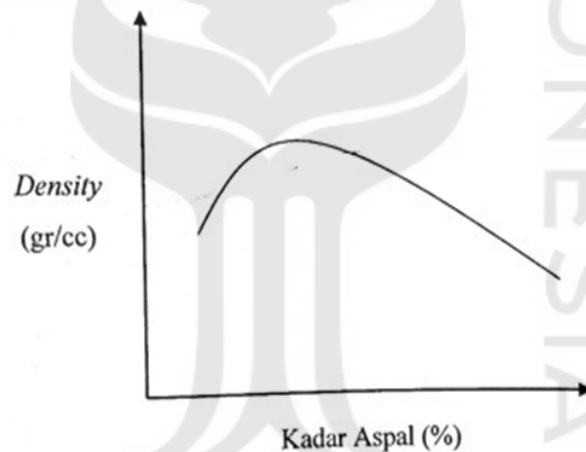
$g$  = Nilai *density* (gr/cc)

$c$  = Berat benda uji sebelum direndam (g)

$d$  = Berat benda uji dalam keadaan jenuh (g)

$e$  = Berat dalam air (g)

$f$  = Volume benda uji (cm<sup>3</sup>)



**Gambar 3.7** Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Density*

(Sumber: Sukirman, 1992)

### 3.5 *Indirect Tensile Strength (ITS)*

*Indirect Tensile Strength (ITS)* adalah kemampuan lapis perkerasan menahan kuat tarik yang disebabkan oleh beban kendaraan. Prediksi yang akurat terhadap respon dan performa perkerasan membutuhkan model teoritis yang mewakili kondisi struktur perkerasan dan masing-masing material dalam campurannya, *British Standard Institution* (1993).

*Indirect Tensile Strength (ITS)* adalah nilai kuat tarik maksimum yang dihitung dari nilai tertinggi dari pembebanan yang dilakukan. Nilai *ITS* dapat dihitung dengan Persamaan 3.14 berikut ini.

$$ITS = \frac{P_{\text{runtuh}}}{H} \times A_0 \quad (3.14)$$

Keterangan :

*ITS* = Kuat tarik tidak langsung ( $\text{kg/cm}^2$ )

$P_{\text{runtuh}}$  = Beban puncak (kg)

$H$  = Tinggi rata-rata benda uji (cm)

$A_0$  = Konstanta (Tabel  $A_0$  terlampir pada lampiran)

### 3.6 *Cantabro Test (Abrasi)*

*Cantabro Test* adalah Pengujian abrasi yang dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan benda uji terhadap abrasi dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi, dan dinyatakan dengan perbandingan antara berat benda uji setelah pengujian dan berat benda uji semula, Persentase dari kehilangan berat mengidentifikasi ketahanan dari kualitas dan kuantitas dari bahan pengikat aspal. Nilai *Cantabro* atau kehilangan berat dari benda uji memiliki syarat Bina Marga 2010 yaitu maksimum 20% dan dapat dihitung dengan persamaan 3.15 berikut ini.

$$CT = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (3.15)$$

Keterangan :

*CT* = Persentase kehilangan berat (%)

$M_0$  = Berat sebelum di uji (gr)

$M_i$  = Berat setelah di uji (gr)