

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

##### **2.2.1. Penelitian Terdahulu**

Penelitian yang telah dilakukan oleh Noris (2017) dengan judul “Analisa Pemanfaatan Limbah *Styrofoam* Sebagai Bahan Substitusi Ke Dalam Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Porus” menggunakan kadar aspal 4,0%; 4,5%; 5,0%; 5,5%; dan 6,0% tanpa menggunakan *syrofoam*. Benda uji dibuat pada KAO variasi *syrofoam* sebesar 11%, 13%, dan 15% dengan hasil penelitian, untuk KAO sebesar 4,75% dan kadar *syrofoam* terbaik sebesar 11%. Nilai VIM belum memenuhi persyaratan *Australia Asphalt Pavement Association* 2004, dengan nilai 18%-25%. Nilai stabilitas terbaik sebesar 569 kg dan nilai *flow* 2,7 mm, untuk nilai MQ dan permeabilitas sebesar 210.74 kg/mm dan 0,394 cm/detik, dan nilai VIM mendapatkan nilai sebesar 5,64%.

Dalam penelitian ini menggunakan *lateks* sebagai bahan campuran aspal penetrasi 60/70 dan pada penelitian sebelumnya menggunakan pemanfaatan limbah *syrofoam* sebagai bahan pengikat beton aspal dengan penetrasi aspal 60/70.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Wijaya dkk. (2016) dengan judul “Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Zat Aditif *Lateks* pada Beton Aspal terhadap Stabilitas” penambahan *lateks* sebesar 15%, 20%, dan 25% masing-masing dibuat lima benda uji. Didapatkan hasil pengujian stabilitas tertinggi yaitu 1.354,23 kg dengan kenaikannya terhadap spesifikasi sebesar 35,42% dengan nilai *flow*-nya 5,30 mm meningkat hingga 76,67%. Untuk kenaikan stabilitas dan *flow* secara optimum berada pada kadar *lateks* 25%. Kadar *lateks* optimum adalah 21,25% berdasarkan keseluruhan parameter.

Dalam penelitian ini penambahan bahan *lateks* pada campuran aspal sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6% masing masing dibuat dua benda uji sedangkan pada penelitian Wijaya dkk. (2016) menggunakan penambahan *lateks* sebesar 15%, 20% dan 25% masing-masing dibuat lima benda uji.

Amal dan Saleh (2015) melakukan penelitian “Pemanfaatan Limbah Batu Marmer sebagai Penggati Agregat Kasar pada Campuran Aspal Beton Terhadap Karakteristik Marshall” dari hasil penelitian diketahui bahwa penggunaan limbah batu marmer dapat meningkatkan karakteristik Marshall. Campuran laston terbaik dengan limbah batu marmer sebagai pengganti agregat kasar dihasilkan kadar limbah batu marmer optimum 17,5%, menghasilkan campuran laston : *Marshall stability* 1050 kg, *marshall quotient* 2,5 KN/mm, *volume air void* 4,5% dan film *thickness* 8,8 mm.

Dalam penelitian ini menggunakan agregat kasar yang diambil dari Kulonprogo tidak ada yang diganti sedangkan pada penelitian Amal dan Saleh (2015) menggunakan limbah batu marmer sebagai pengganti agregat kasar.

Penelitian Fasdarsyah dkk. (2014) yang berjudul “Pengaruh Penambahan Filler Granit Dan Keramik pada Campuran Laston Ac-Wc Terhadap Karakteristik Uji Marshall” jenis *filler* yang digunakan yang itu dengan abu batu, abu granit dan abu kramik sebagai pembandinya. Dan hasil yang didapatkan berat jenis pada *filler* kramik mendapatkan nilai 2,573 gr/cm<sup>3</sup> dan 2,585 gr/cm<sup>3</sup> untuk *filler* granit. Pada abu granit dan abu kramik *filler* yang diambil 5%,10%,15%,20% dan 25% lalu sisanya menggunakan 72 gram target gradasi. Kadar aspal rencana yang digunakan baik pada campuran *filler* abu kramik maupun abu granit yaitu pb sebesar 5,5% dengan rentang kadar aspal rencana 4%, 4,5%, 5%, 5,5% dan 6%. Hasil memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dengan 2x75 tumbukan. Untuk hasil kepadatan dan stabilitas abu granit didapatkan hasil yang tinggi dibandingkan dengan abu kramik. Sedangkan untuk kadar aspal dan nilai *flow* campuran dengan *filler* abu kramik lebih tinggi hasilnya dari abu granit, nilai abu kramik 6,63 mm dan abu granit 4,87 mm. Untuk *Marshall quottient* kedua jenis *filler* nilai terendah terjadi pada kadar aspal tertinggi 25% dengan nilai 396 kg/mm abu kramik dan kadar aspal 5% sebesar 452 kg/mm untuk *filler* abu granit. Nilai VFA abu granit lebih tinggi dari abu kramik, namun VMA lebih rendah dan untuk nilai VIM *filler* abu kramik lebih tinggi dari pada abu granit.

Dalam penelitian yang dilakukan Fasdarsyah dkk. (2014) menggunakan abu kramik dan abu granit sebagai pengganti *filler*. Sedangkan yang dilakukan pada

penelitian ini tidak mengubah *filler* tersebut melainkan menambahkan campuran aspal dengan *lateks*.

Penelitian Gunadi dkk. (2013) yang berjudul “Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (Ac-Wc) Dengan Menggunakan Plastik Bekas Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat” didapatkan nilai KAO sebesar 5,9%. Nilai stabilitas tertinggi pada kadar plastic 50% sebesar 875,1 kg dan nilai terendah pada kadar 10% sebesar 527,0 kg. Nilai *flow* tertinggi pada kadar plastic 50% sebesar 7,11 mm dan terendah pada kadar 0% sebesar 3,43 mm. Nilai MQ tertinggi pada kadar 0% sebesar 3,43 mm dan terendah pada kadar 10% sebesar 251,7 kg/m dan 109, kg/m. Nilai VMA tertinggi pada kadar 10% sebesar 20,3% dan terendah sebesar 15,2% pada kadar plastic 0%. Nilai VIM tertinggi pada kadar plastic 50% dan terendah pada kadar 0% sebesar 12,6% dan 4,9%. Nilai VFB tertinggi dan terendah pada kadar plastic 0% dan 50% dengan nilai 67,9% dan 37,3%. Dari hasil pengujian Marshall dan perhitungan, diperoleh data berupa nilai karakteristik meliputi nilai stabilitas, *Flow*, *Marshall Quotient*, VIM, VMA, dan VFB, yaitu masing-masing secara berturut-turut sebesar 1539,7 kg; 8,38 mm; 183,51 kg/mm; 8,8%; 16,6%; dan 47,2%.

Dalam penelitian yang dilakukan Gunadi dkk. (2013) menggunakan plastik bekas sebagai bahan pengganti sebagian agregat. Untuk penelitian yang dilakukan agregat masih tetap menggunakan seperti biasa akan tetapi menambah campuran *lateks* untuk bahan campur aspal.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Gradasi Agregat**

Menurut Bukhari (2007) (Dalam Agustian dkk., 2017) gradasi agregat merupakan distribusi partikel-partikel dengan berdasarkan dari ukuran agregat yang saling mengisi sehingga menimbulkan suatu ikatan yang saling mengunci. Sedangkan menurut Sukirman (2003) gradasi agregat mempengaruhi besarnya dari rongga antar butir, yang menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan yaitu kadar aspal.

### 2.2.2. Agregat

Menurut Sukirman (2003) (Dalam Iqbal dkk., 2018) agregat adalah sebagai formasi kulit bumi yang keras serta padat. Agregat komponen yang utama pada sebuah perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% berdasarkan persentase volume. Dan menurut Bukhari (2007) (Dalam Saleh dkk., 2014) agregat merupakan pengolahan yang dibedakan atas agregat siap pakai serta agregat yang perlu diolah, berdasarkan bentuknya, butiran agregat akan dikelompokkan menjadi agregat dengan bentuk bulat (*rounded*),

### 2.2.3. Aspal

Menurut Sukirman (2003) aspal merupakan sebuah material padat hingga agak padat yang bersifat termoplastis. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% dari berat campuran 10-15% berdasarkan volume. Aspal modifikasi adalah aspal yang dibuat dengan mencampur aspal yang keras dengan suatu bahan tambah. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai modifikasi aspal yaitu polimer.

Aspal modifikasi yang dipakai pada penelitian ini adalah aspal asbuton modifikasi. Dalam Tabel 2.1 menunjukkan spesifikasi dalam penggunaan aspal asbuton modifikasi.

Tabel 2.1 Spesifikasi Aspal Asbuton Modifikasi (Bina Marga, 2010)

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Penetrasi 60/70	Tipe II Aspal dimodifikasi		
				A Asbuton yang diproses	B Elastomer Alam ( <i>Latex</i> )	C Elastomer sintetis
1	Penetrasi 25°C (dmm)	SNI-06-2456-1991	60/70	Min 50	50-70	Min 40
2	Viskositas 135°C (cSt)	SNI-06-6441-2000	>300	385-2000	≤2000	<3000
3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:1991	≥ 48	-	-	≥ 54
4	Indeks Penetrasi		≥ -1,0	≥ -0,5	≥ 0,0	≥ 0,4
5	Titik Nyala (°C)	SNI-06-2433-1991	≥232	≥232	≥232	≥232
6	Daktalitas (25°C, 5 cm/menit)	SNI-06-2432-1991	≥100	≥100	≥100	≥100

Tabel 2.1 Spesifikasi Aspal Asbuton Modifikasi (Lanjutan)

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Penetrasi 60/70	Tipe II Aspal dimodifikasi		
				A Asbuton yang diproses	B Elastomer Alam ( <i>Latex</i> )	C Elastomer sintetis
7	Kelarutan dalam Toluene	ASTM D5546	≥99	≥99	≥99	≥99
8	Berat jenis (25°C)	SNI-06-2441-1991	≥1,0	≥1,0	≥1,0	≥1,0
9	Stabilitas penyimpanan	ASTM D 5976 part 6.1	-	≤ 2,2	≤ 2,2	≤ 2,2
Pengujian Residu hasil TFOT atau RTFOT :						
10	Berat yang hilang	SNI 06-2441-1991	≤0,8	≤0,8	≤0,8	≤0,8
11	Penetrasi pada 25°	SNI 06-2456-1991	≥54	≥54	≥54	≥54
12	Indeks Penetrasi		≥ -1,0	≥ 0,0	≥ 0,0	≥ 0,4

#### 2.2.4. Lateks

Lateks merupakan cairan berwarna putih yang diambil dari getah pohon karet yang dapat digunakan untuk pembuatan ban, karet gelang, sarung tangan untuk medis, dan kondom. Fungsi dari lateks yaitu untuk pembuatan barang memerlukan durabilitas dan elastisitas. Lateks memiliki sebuah kriteria yang bermutu baik misalnya tidak kotor/mengandung serpihan kayu, tidak tercampur dengan air, kadar karet kering 20%-29%, dan memiliki bau umum karet segar (Wijaya dkk., 2016)

#### 2.2.5. Aspal Karet

Menurut Suwarti (1987) (Dalam Sambodo dan Rulhendri, 2014) aspal karet merupakan campuran lateks KKK-60 dan aspal minyak, memiliki prosentase tertentu dengan kadar aspal yaitu disebut aspal karet. Proses pencampuran tersebut memanaskan aspal minyak dengan suhu 160°C, setelah itu dimasukan lateks KKK-60 dan aduk hingga merata.

#### 2.2.6. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan suatu campuran dari bahan pengikat dan agregat agar digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Bahan yang digunakan yaitu agregat berupa batu pecah atau batu kali atau batu belah. Aspal, semen atau tanah liat digunakan sebagai bahan pengikat untuk perkerasan jalan. (Hardiyatmo, 2015).

Fungsi utama pada perkerasan adalah untuk menyebarkan beban dari roda kendaraan ke area permukaan tanah dasar, yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar, yaitu pada tekanan dimana tanah dasar tidak mengalami deformasi berlebihan selama masa pelayanan perkerasan. Sedangkan secara umum fungsi dari perkerasan jalan sebagai berikut :

1. Untuk memberikan sebuah struktur yang kuat untuk mendukung beban lalu lintas.
2. Untuk memberikan permukaan rata bagi pengendara.
3. Untuk memberikan kekesatan atau tahanan gelicir dipermukaan perkerasan.
4. Untuk mendistribusikan beban kendaraan ke tanah dasar secara memadai, sehingga tanah dasar terlindungi dari tekanan yang berlebihan.
5. Untuk melindungi tanah dasar dari pengaruh buruk perubahan cuaca.

Sistem perkerasan harus dirancang tahan lama, sehingga tidak mengalami kerusakan premature akibat pengaruh lingkungan (air, oksidasi, pengaruh temperatur). Material pembentuk perkerasan jalan, umumnya sangat dipengaruhi oleh faktor kelembapan (kadar air) dan lingkungan. Kelembapan yang berlebihan di dalam struktur perkerasan, umumnya akan berakibat buruk pada kinerja perkerasan. Hal ini, karena kenaikan kelembapan atau kadar air akan mereduksi kekuatan dan kekakuan material granular (pondasi dan pondasi bawah) menjadi terkotori oleh butiran halus dari tanah dasar yang terpompa ke atas bersama air (Hardiyatmo, 2015).

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

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

3. Kontruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

#### **2.2.7. Perkerasan Lentur**

Perkerasan lentur atau yang biasanya disebut dengan *flexible pavement* merupakan perkerasan yang menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapisan paling atas dengan bahan berbutir sebagai lapisan bawahnya. Menurut Aminsyah (2010) perkerasan lentur tersusun dari agregat sebagai material dan untuk bahan pengikat menggunakan aspal sebagai pengikat yang baik atau tanpa bahan tambah. Material pembentuk aspal dicampurkan dengan suhu yang telah ditentukan sebagaimana sesuai dengan jenis aspal yang ingin digunakan.

#### **2.2.8. Perkerasan Kaku**

Perkerasan kaku biasa disebut dengan *rigit pavement* merupakan perkerasan yang berisi semen yang berfungsi untuk mengisi pori-pori diantaranya butiran-butiran halus selain itu juga berfungsi sebagai bahan untuk perekat atau pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat dapat saling mengikat antara satu sama lain dengan kuat dan menjadi suatu masa yang kompak atau padat (Tjokrodimuljo, 1996) (Dalam Nugroho, 2010).

### **2.3. Pengujian Campuran**

#### **2.3.1. Pengujian Penetrasi**

Pada pengujian penetrasi bertujuan untuk menentukan penetrasi bahan-bahan bitumen keras atau lembek (*solid* atau *semi solid*) dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam bitumen pada suhu tertentu. Cara uji penetrasi ini dapat digunakan untuk mengukur keras atau lunak suatu jenis aspal. Nilai penetrasi yang tinggi (memiliki nilai yang besar) menunjukkan jenis aspal yang lebih lunak. Metode pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI-06-2456-1991.

#### **2.3.2. Pengujian Titik Lembek**

Titik lembek merupakan temperatur pada 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 kecepatan pemanasan tertentu. Angka titik lembek aspal yang berkisar 30°C sampai 157°C dengan cara Ring and Ball. Untuk aspal yang biasa digunakan pada perkerasan jalan, yaitu aspal penetrasi 60/70 mempunyai titik lembek minimal 48°C. Persyaratan nilai pengujian titik lembek sesuai dengan SNI 2434:1991 untuk aspal keras ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persyaratan titik lembek (SNI 2434-1991)

Jenis pemeriksaan	Cara pemeriksaan	Persyaratan				Satuan
		Pen 60/70		Pen 85/100		
		min	maks	min	maks	
Titik lembek	SNI 2434-1991	48	-	46	-	°C

### 2.3.3. Pengujian Berat Jenis Aspal

Aspal adalah sebagai bahan pengikat agregat yang mutu dan jumlahnya sangat menentukan keberhasilan suatu campuran beraspal. Pengujian yang terdapat pada syarat mutu aspal salah satunya yaitu berat jenis. Persyaratan berat jenis ini dilakukan sesuai dengan SNI 06-2441-1991 untuk aspal ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Persyaratan berat jenis aspal (SNI 06-2441-1991)

Jenis pemeriksaan	Cara pemeriksaan	Persyaratan				Satuan
		Pen 60/70		Pen 85/100		
		min	maks	min	maks	
Berat jenis	SNI 06-2441-1991	1,0	-	1,0	-	gr/cc

1. Hitung berat jenis benda uji sampai tiga angka dibelakang koma dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis} = \frac{(C-A)}{[(B-A)-(D-C)]} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

A adalah massa piknometer dan penutup

B adalah massa piknometer dan penutup berisi air

C adalah massa piknometer, penutup dan benda uji

D adalah massa piknometer, penutup, benda uji dan air

2. Hitung berat isi benda uji sampai tiga angka dibelakang koma dengan persamaan sebagai berikut :



$$\text{Berat isi} = \text{Berat jenis} \times W_T \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

$W_T$  adalah berat isi air pada temperatur pengujian

#### 2.3.4. Pengujian Kehilangan Minyak

Kehilangan minyak adalah selisih berat sebelum dan sesudah pemanasan pada tebal tertentu pada suhu tertentu. Metode pengujian ini dilakukan terhadap aspal dengan mencari besaran kehilangan berat minyak dan aspal. Persyaratan nilai pemeriksaan berat minyak dan aspal untuk aspal keras ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Persyaratan kehilangan minyak (SNI 06-2440-1991)

Jenis pemeriksaan	Cara pemeriksaan	Persyaratan				Satuan
		Pen 60/70		Pen 85/100		
		min	maks	min	maks	
Kehilangan minyak (163°C, 5 jam)	SNI 06-2440-1991	-	0,4	-	0,6	% berat

#### 2.3.5. Pengujian Agregat Halus

Agregat halus merupakan material penyusun campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* atau yang biasa disebut (AC-WC). Agregat halus yang dipakai harus kuat, bersih, tidak basah maupun lembab, dan tidak menggumpal dengan tanah. Prosedur pengujian ini mengikuti SNI 1970:2008. Pengujian yang dilakukan antara lain :

##### 1. Berat jenis curah kering

Cara menentukan berat jenis curah kering ( $S_d$ ) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B+S-C)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat piknometer yang berisi air (gram)

C = berat piknometer dengan benda (gram)

S = berat benda uji kondisi jenis kering permukaan (gram)

Jika abu Le Chatelier digunakan, maka berat jenis curah kering dihitung dengan persamaan :

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975 (R_2 - R_1)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

A = berat benda uji kering oven (gram)

R<sub>1</sub> = pembacaan awal posisi air pada labu Le Chatelier

R<sub>2</sub> = pembacaan akhir posisi air pada labu Le Chatelier

S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

S<sub>1</sub> = berat benda uji jkp yang dimasukkan ke labu (gram)

2. Berat Jenis Curah ( Jenuh Kering Permukaan )

Cara menentukan berat jenis curah (*S<sub>sd</sub>*) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{S}{(B + S - C)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = berat benda uji dalam air (gram)

S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

Jika labu Le Chatelier digunakan, maka berat jenis curah dihitung dengan persamaan :

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{S_1}{0,9975 (R_1 - R_2)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

R<sub>1</sub> = pembacaan awal posisi air pada labu Le Chatelier

R<sub>2</sub> = pembacaan akhir posisi air pada labu Le Chatelier

S<sub>1</sub> = berat benda uji kondisi jkp yang dimasukkan ke labu (gram)

3. Berat jenis semu

Cara menentukan berat jenis semu (*S<sub>a</sub>*) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{A}{(B + A - C)} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat piknometer yang berisi air (gram)

C = berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

#### 4. Penyerapan air

Cara menentukan persentase penyerapan air ( $S_w$ ) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \left[ \frac{S - A}{A} \right] \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

A = berat benda uji kering oven (gram)

S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

### 2.3.6. Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan material penyusun campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* atau yang biasa disebut (AC-WC). Agregat kasar yang dipakai adalah agregat yang tertahan disaringan dengan diameter 4,75 mm atau saringan nomer 4. Agregat yang digunakan harus kuat, bersih, tidak basah maupun lembab, dan tidak menggumpal dengan tanah. Prosedur pengujian ini mengikuti SNI 1969:2008.

#### 1. Berat Jenis Curah Kering

Cara menentukan berat jenis curah kering ( $S_d$ ) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B - C)} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = berat benda uji dalam air (gram)

#### 2. Berat Jenis Curah (Jenuh Kering Permukaan)

Cara menentukan berat jenis curah ( $S_{sd}$ ) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis curah (jenuh kering permukaan)} = \frac{B}{(B - C)} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = berat benda uji dalam air (gram)

#### 3. Berat Jenis Semu

Cara menentukan berat jenis curah ( $S_{sd}$ ) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{A}{(A - C)} \dots\dots\dots (2.11)$$

#### 4. Penyerapan air

Cara menentukan persentase penyerapan air ( $S_w$ ) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B - A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (2.12)$$

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat benda uji kondisi jenuh keirng permukaan di udara (gram)

#### 5. Keausan Agregat Dengan Mesin *Los Angles*

Keausan agregat dengan mesin *los angles* adalah pengujian untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat semula dengan berat agregat setelah mengalami keausan dalam satuan persen. Selain itu juga pengujian ini bertujuan untuk menentukan daya tahan suatu agregat dengan standar maksimum 40%. Prosedur pengujian ini mengikuti SNI-2417-2008 dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

a = berat benda uji semula (gram)

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

### 2.3.7. Pengujian *Marshall*

Pengujian campuran yang telah dipadatkan menggunakan metode *Marshall*. Tujuan dari pengujian dengan metode *Marshall* untuk mendapatkan nilai *flow*, stabilitas, density, VMA, VIM, dan VFA yang menjadi nilai acuan apakah bagus/tidak benda uji tersebut. Pada dasarnya campuran juga dipengaruhi oleh karakteristik volumetrik dan karakteristik *Marshall* seperti :

#### 1. Kepadatan (*density*)

*Density* sangat dipengaruhi oleh kadar aspal yang digunakan, kualitas bahan kepadatan adalah berat pada campuran tiap satuan volume penyusun, komposisi campuran, dan cara penumbukan. Kepadatan adalah suatu ukuran untuk menentukan sejauh mana campuran menahan beban pada lalu-lintas nantinya. Rumus kepadatan adalah :

$$Gmb = \frac{Wmp}{\frac{Wmssd}{\gamma_w} - \frac{Wmv}{\gamma_w}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

- Gmb = berat volume benda uji (*density*) (gr/cc)  
 Wmp = berat kering benda uji sebelum direndam air (gram)  
 Wmssd = berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram)  
 Wmv = berat benda uji dalam air (gram)  
 $\gamma_w$  = berat volume air (gr/cc)

## 2. Rongga dalam campuran VIM (*voids in the mixture*)

VIM merupakan persentase dari volume rongga yang ada pada campuran terhadap volume total campuran yang telah dipadatkan dalam satuan %. VIM digunakan untuk mengetahui rongga yang terdapat pada campuran, rongga tersebut berfungsi sebagai tempat bergesernya agregat dalam campuran ketika menerima beban pemadatan. VIM diketahui melalui persamaan :

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

- VIM = kadar rongga terhadap campuran (%)  
 Gmb = berat volume benda uji (gr/cc)  
 Gmm = berat jenis maksimum teoritis (gr/cc)

## 3. Rongga antara agregat (VMA(*Voids in mineral agregat*))

VMA merupakan persentase rongga antara agregat dalam campuran serta kandungan aspal efektif. VMA dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

- VMA = *Voids mineral aggregate* (%)  
 Gb = Berat jenis agregat (gr/cc)  
 Gmb = Berat jenis curah campuran padat (gr/cc)  
 Ps = Persen agregat terhadap berat total campuran (%)

## 4. Rongga yang terisi aspal (VFA(*voids filled with asphalt*))

VFA merupakan persentase yang didapat dari VMA yang telah terisi oleh aspal, tidak termasuk kedalam aspal yang diserap oleh agregat melainkan

menyelimuti butir-butir agregat dalam campuran. Untuk menghitung VFA digunakan persamaan :

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan :

- VFA = rongga terisi aspal (%)
- VMA = rongga diantara mineral agregat (%)
- VITM = rongga di dalam campuran (%)

#### 5. Stabilitas

Stabilitas merupakan nilai ketahanan dari campuran untuk menahan beban sebelum mengalami perubahan pada bentuk. Stabilitas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan campuran menjadi kaku dan mudah atau cepat mengalami keretakan serta berkurangnya volume rongga pada agregat sehingga membutuhkan kadar aspal sedikit dan menurunkan durabilitas campuran karena lepasnya butir-butir agregat. Nilai stabilitas didapat dari hasil pembacaan pada arloji yang terletak pada alat uji *Marshall* dan dikalikan dengan kalibrasi proving ring serta faktor koreksi tebal benda uji. Stabilitas dapat dihitung menggunakan rumus :

$$O = q \times \text{kaliibrasi } proving \text{ ring} \times \text{koreksi tebal benda uji} \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan :

- O = stabilitas (kg)
- q = nilai pembacaan arloji

#### 6. Kelelehan (*flow*)

Kelelehan (*flow*) adalah perubahan bentuk (*deformasi*) setelah diberi beban dalam satuan milimeter. Kelelehan (*flow*) merupakan parameter untuk menentukan campuran yang diuji getas atau lentur.

#### 7. *Marshall Quotient (MQ)*

*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi stabilitas dengan flow. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil nilai *Marshall Quotient*, maka campuran semakin lentur. Faktor-faktor yang berpengaruh pada nilai *Marshall* adalah nilai stabilitas dan flow, penetrasi, viscositas aspal, kadar aspal campuran, bentuk dan tekstur permukaan agregat, gradasi agregat. Perhitungan *Marshall Quotient* adalah :

$$\text{Marshall Quotient : } MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

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

MS = Nilai *Marshall Stability* (kg)

MF = Nilai *Flow Marshall* (mm)