

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan beberapa referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Penggunaan referensi ditujukan untuk memberikan batasan-batasan sistem yang nantinya dapat dikembangkan lebih lanjut, dengan mengacu kepada referensi yang digunakan diharapkan pengembangan sistem nanti dapat melahirkan suatu sistem baru yang belum ada pada referensi sebelumnya.

Riky Pradana Trisilvana, Prayuda Krisna S, Ludfi Djakfar, Hendi Bowoputro (2018), mempelajari pengaruh penambahan bahan alami lateks terhadap kinerja marshall aspal beton. Dalam penelitiannya dilakukan dengan menggunakan kadar aspal 4%, 5%, 6%, dan 7% dari berat benda uji. Dan kadar lateks 0%, 2%, 3%, 4%, 5%, dan 6% dimana kadar lateks 0% masing varian dibuat 3 benda uji. Hasil uji kinerja karakteristik marshall yang optimum didapat kadar aspal 4% dan kadar lateks 2% dengan suhu perendaman 60 °C dengan waktu perendaman selama 30 menit. Hasil yang didapatkan dari nilai stabilitas 616,39 kg, nilai *Flow* (kelelahan) 3mm, nilai VIM (*Void In Mix*) 21,5%, dan nilai *Marshall Quotient* (MQ) 212,8 kg/mm.

Mirka Pataras, Ratna Dewi, Ahmad Dicky Prasetya dan Friko Denu Bazidno (2017), mempelajari pemanfaatan karet mentah pada *flexible pavement* laston AC-WC dan laston HRS-WC. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan lateks pada aspal dengan persentase 5%, 10%, 15% didalam penelitiannya menyimpulkan bahwa pada campuran aspal menggunakan bahan karet 5% memiliki nilai stabilitas (2449,32 kg) dan *flow* (4,00mm) paling tinggi diantara campuran aspal yang lain.

Ludfi Djakfar, Yulvi Zaika, Hendi Bowoputra (2015), melakukan penelitian untuk menyelidiki pengaruh penambahan *additive* terhadap kinerja

marshall pada campuran aspal beton. Dua *additive*, yaitu *Gilsonite HMA Modifier Grade* dan Lateks dipilih sebagai *additive* campuran aspal beton. Evaluasi dilakukan berdasarkan prosedur pengujian marshall. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penambahan *additive Gilsonite* meningkatkan kinerja Marshall cukup signifikan khususnya pada stabilitas. *Additive Gilsonite* mempunyai kinerja lebih baik dibandingkan dengan lateks. Adanya penambahan *additive Gilsonite* menurunkan kemampuan permeabilitas dari campuran, walaupun tidak terlalu signifikan. Ke depan, perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait dengan modifikasi gradasi dengan pengurangan gradasi halus sehingga kemampuan permeabilitas dapat ditingkat lagi dengan adanya *additive*.

Anisa Rizki, Mulizar, Sulaiman AR (2001), melakukan penelitian pengaruh latek terhadap parameter marshall campuran aspal beton menggunakan retona blend55 terhadap nilai karakteristik campuran aspal beton yaitu, *stability*, *flow*, VIM, VMA, VFB, MQ, dan *density* dengan menggunakan variasi kadar aspal 5,0%; 5,5%; 6%; 6,5%; 7,0% dan juga digunakan variasi kadar latek 3%; 5%; dan 7% di laboratorium. Dari hasil pengujian karakteristik campuran aspal beton menggunakan bahan pengikat Retona Blend55 dengan KAO 6,0% didapatkan nilai stabilitas 974kg, kelelahan (*flow*) 3,7mm, VMA 24,4%, VIM 12,7%, VFB 62,9% *Marshall Quotient* (MQ) 270,2 kg/mm, serta kepadatan (*density*) 2,41 gr/cm<sup>3</sup>. dalam penelitian ini, hal yang lebih ditinjau adalah karakteristik marshall aspal beton akibat penambahan lateks. Dengan adanya penambahan ini dapat disimpulkan bahwa campuran retona blend55 dan latek tidak banyak mempengaruhi karakteristik marshall dengan kadar lateks yang ditetapkan oleh *Australia Asphalt Pavement Association*.

## **2.2 Perkerasan Jalan**

Menurut Sukirman (2003), perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi

memberikan pelayanan kepada transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

### 2.2.1 Jenis Konstruksi Perkerasan

Berdasarkan Sukirman (1999), berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi:

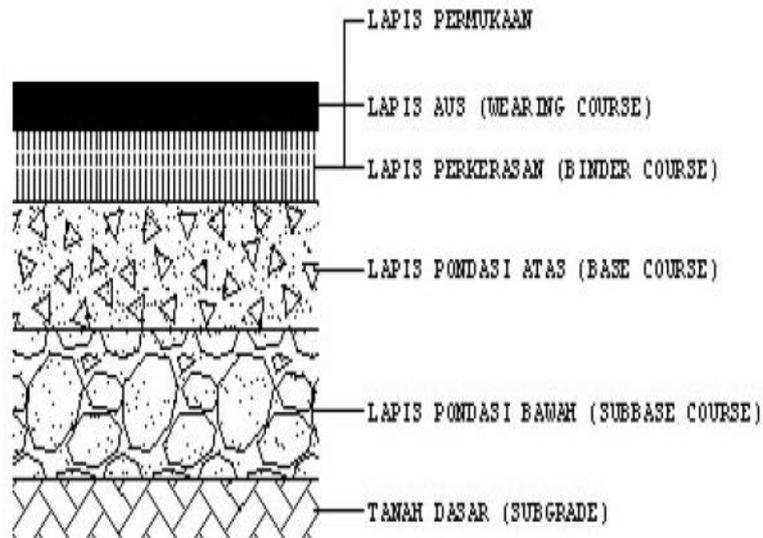
1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*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. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

### 2.2.2 Struktur Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat utamanya dan lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke dasar tanah. Struktur perkerasan lentur dapat dilihat pada **Gambar 2.1** tersusun atas dari 4 lapisan utama (Sukirman, 1999), yaitu :

1. Lapis pondasi bawah (*Sub Base Course*)
2. Lapis pondasi atas (*Base Course*)
3. Lapis permukaan (*Surface Course*)
4. Lapisan Aus (*Wearing Course*)

Lapis aus (*Wearing Course*) adalah lapisan di atas lapis pondasi (*base*). Komponen penting dalam lapis aus adalah lapis permukaan (*surface course*) lapis pengikat (*binder course*). (Yoder dan Witczak,1975)



**Gambar 2.1** Struktur Perkerasan Lentur

### 2.3 Karakteristik Material

Pada penelitian ini, terdapat 4 (empat) jenis bahan utama yang digunakan yakni agregat kasar, agregat halus, filler, lateks dan aspal.

#### 2.3.1 Agregat

Agregat atau batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan solid. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90% - 95% agregat berdasarkan persentase berat 75% - 85 % agregat berdasarkan persentase volume (Sukirman, 1999). Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu gradasi, kekuatan, bentuk butir,

tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal serta kebersihan dan sifat kimia. Jenis dan campuran agregat sangat mempengaruhi daya tahan atau stabilitas suatu perkerasan jalan (Kerbs Walker, 1971).

### 2.3.1.1 Klasifikasi Agregat Berdasarkan Proses Terjadinya

Menurut Silvia Sukirman (1999), Klasifikasi agregat berdasarkan asal kejadiannya dapat dibedakan atas batuan beku (*igneous rock*, batuan sedimen, dan batuan metamorf batuan malihan).

#### 1. Batuan beku

Batuan beku berbentuk dari membekunya magma cair yang terdesak ke permukaan pada saat gunung berapi meletus. Batuan beku ini dibedakan menjadi dua, yaitu :

- a) Batuan beku luar (*extrusive igneous rock*), berasal dari material yang keluar dari bumi saat gunung meletus kemudian akibat dari pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan membeku. Pada umumnya batuan beku jenis ini berbutir halus, contoh batuan jenis ini adalah *rhyolite*, *andesit* dan *basalt*.
- b) Batuan beku dalam (*intrusive igneous rock*), berasal dari magma yang tidak dapat keluar dari bumi kemudian mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan.

#### 2. Batuan sedimen

Batuan sedimen berasal dari campuran mineral, sisa-sisa hewan, dan tanaman. Batuan jenis ini terdapat pada lapisan kulit bumi, hasil endapan di danau, laut, dan sebagainya.

#### 3. Batuan metamorf

Batuan ini umumnya berasal dari batuan sedimen ataupun batuan beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur kulit bumi, contoh batuan jenis ini adalah marmer, kwarsit, dan batuan metamorf yang berlapis, seperti batu sabak, filit dan sekis.

### 2.3.1.2 Klasifikasi Agregat Berdasarkan Proses Pengolahannya

Menurut *The Asphalt Institute* (1983) dan Silvia Sukirman (1999), berdasarkan proses pengolahannya, agregat dapat dibedakan menjadi agregat alam, agregat yang mengalami proses pengolahan, dan agregat buatan.

#### 1. Agregat alam

Agregat alam merupakan agregat yang diambil dari alam dengan sedikit proses pengolahan. Agregat alam terbentuk melalui proses erosi dan degradasi sehingga bentuk partikelnya ditentukan oleh proses pembentukannya. Agregat yang mengalami proses erosi yang diakibatkan oleh air biasanya terjadi di sungai mempunyai bentuk partikel yang bulat - bulat dengan permukaan yang licin. Agregat yang mengalami proses degradasi biasanya terjadi di bukit-bukit mempunyai bentuk partikel yang bersudut dengan permukaan yang kasar. Agregat alam yang sering dipergunakan yaitu pasir dan kerikil. Kerikil adalah agregat dengan ukuran partikel  $> 1/4$  inch (6,35 mm) sedangkan pasir adalah agregat dengan ukuran partikel  $< 1/4$  inch tetapi lebih besar dari 0,075 mm (saringan no.200).

#### 2. Agregat yang melalui proses pengolahan

Agregat yang melalui proses pengolahan merupakan agregat biasa berasal dari bukit-bukit maupun sungai yang karena bentuknya yang besar-besar melebihi ukuran yang diinginkan harus melalui proses pemecahan terlebih dahulu dengan menggunakan mesin pemecah batu (*stone crusher*) atau secara manual agar diperoleh:

- a) Bentuk partikel yang bersudut, diusahakan berbentuk kubus.
- b) Permukaan partikel kasar sehingga mempunyai gesekan yang baik.
- c) Gradasi sesuai yang diinginkan. Hasil dari proses pemecahan ini biasanya disebut dengan split dan mempunyai ukuran mulai dari 5 mm sampai 40 mm.

### 3. Agregat buatan

Agregat buatan adalah agregat yang diperoleh dengan memecah batuan yang masih berbentuk bongkahan - bongkahan besar. Bongkahan batuan ini dapat diperoleh di bukit - bukit (gunung-gunung) maupun di sungai. Sebelum batuan ini digunakan sebagai agregat maka batuan ini dipecah terlebih dahulu menjadi material yang lebih kecil sesuai dengan ukuran yang diinginkan dengan menggunakan *Stone Crusher*. Agregat buatan mempunyai ukuran partikel < 0,075mm.

#### 2.3.1.3 Klasifikasi Agregat Berdasarkan Ukuran Butirnya

Ditinjau dari ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Menurut *American Society for Testing and Material* (ASTM):

1. Agregat kasar, mempunyai ukuran > 4,75 mm (saringanNo.4).
2. Agregat halus, mempunyai ukuran < 4,75 mm(saringanNo.4).
3. Abu batu/mineral *filler* merupakan agregat halus yang lolos saringan No. 200.

Menurut AASHTO:

1. Agregat kasar, mempunyai ukuran > 2mm.
2. Agregat halus, mempunyai ukuran < 2 mm dan >0,075.
3. Abu batu/mineral *filler* merupakan agregat halus yang lolos saringan No. 200.

Menurut Spesifikasi Campuran Beraspal Panas DPU (2010) Rev.2, agregat juga dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Agregat kasar, agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No.4 (4,75 mm)
2. Agregat halus, agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No.4 (4,75 mm)

3. Bahan pengisi (*filler*), bagian dari agregat halus yang minimum 85% lolos saringan No.200 (0,075 mm), non-plastis, tidak mengandung bahan organik, tidak menggumpal, kadar air maksimum 1%.

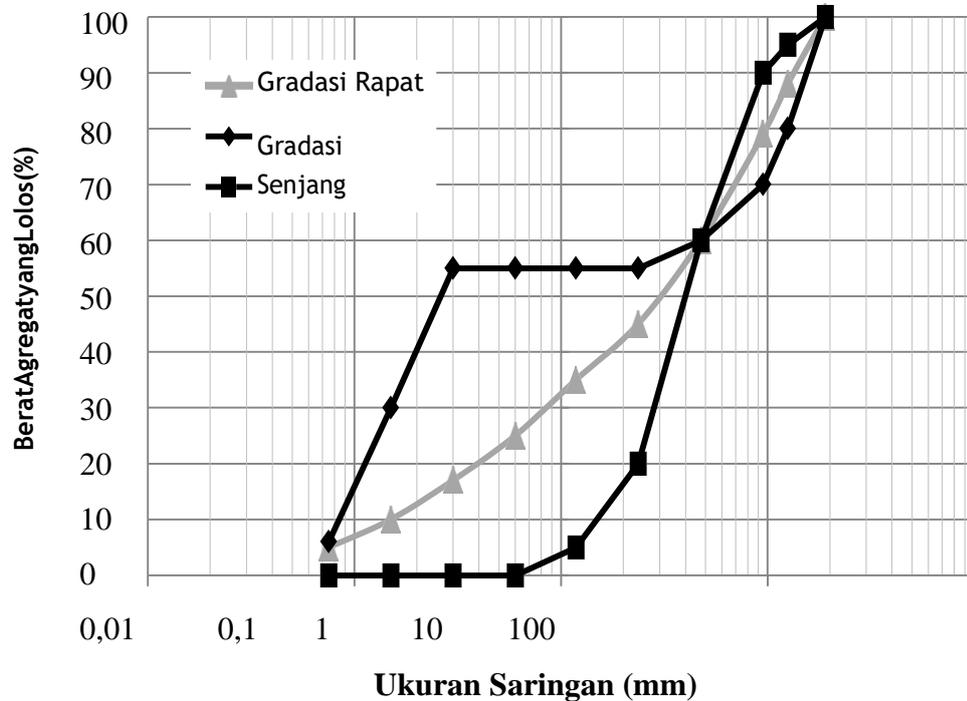
#### **2.3.1.4 Sifat Agregat**

Adapun sifat-sifat agregat yang perlu diperiksa antara lain (Sukirman, S. 2003) :

##### **1. Gradasi**

Gradasi mempengaruhi rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan. Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

- a) Gradasi seragam (*Uniform Graded*) atau Gradasi terbuka adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus, sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat. Agregat dengan gradasi seragam menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.
- b) Gradasi Rapat (*Dense Graded*) atau Gradasi Baik (*Well Graded*) merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang dan akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi.
- c) Gradasi Buruk (*Poorly Graded*) atau Gradasi senjang  
Adalah campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori diatas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan yaitu gradasi celah (*gap graded*) yang merupakan campuran agregat dengan satu fraksi sedikit sekali.



**Gambar 2.2** Contoh tipikal macam-macam gradasi agregat

(Sumber : Silvia Sukirman (2003))

## 2. Ukuran maksimum agregat

Ukuran maksimum agregat adalah satu saringan atau ayakan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum, dapat dinyatakan dengan :

### a) Ukuran Maksimum Agregat

Menunjukkan ukuran saringan terkecil bilamana agregat yang lolos saringan tersebut sebanyak 100%.

### b) Ukuran Nominal Maksimum Agregat

Menunjukkan ukuran saringan terbesar bilamana agregat tertahan tidak lebih dari 10%.

### 3. Kebersihan agregat

Kebersihan agregat ditentukan dari banyaknya butir-butir halus yang lolos saringan No.200 seperti adanya lempung, lanau, ataupun adanya tumbuh-tumbuhan pada campuran agregat.

### 4. Daya tahan agregat

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis dan kimiawi. Agregat dapat mengalami degradasi, yaitu perubahan gradasi akibat pecahnya butir-butir agregat.

Kehancuran agregat dapat disebabkan oleh proses mekanis, seperti gaya-gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan jalan, pelayanan terhadap beban lalu lintas, dan proses kimiawi, seperti pengaruh kelembaban, kepanasan dan perubahan suhu sepanjang hari. Nilai keausan/degradasi  $>40\%$ : agregat kurang kuat,  $<30\%$ : untuk lapis penutup,  $<40\%$  : untuk lapis permukaan dan lapis pondasi atas (LPA),  $<50\%$ : untuk lapis pondasi bawah (LPB). Ketahanan agregat terhadap degradasi diperiksa dengan pengujian abrasi menggunakan alat abrasi menggunakan alat abrasi *Los Angeles*, sesuai dengan SNI-2417-1991.

### 5. Bentuk dan tekstur permukaan agregat

Berdasarkan bentuknya, partikel atau butir agregat dikelompokkan menjadi berbentuk bulat, lonjong, pipih, kubus, tak beraturan, atau mempunyai bidang pecahan.

### 6. Daya lekat terhadap aspal

Faktor yang mempengaruhi lekatan aspal dan agregat dapat dibedakan atas dua bagian, yaitu :

- a) Sifat mekanis yang tergantung dari
- b) Sifat kimiawi dari agregat.

## 7. Berat jenis agregat

Dalam kaitan perencanaan campuran aspal, berat jenis adalah suatu rasio tanpa dimensi, yaitu rasio antara berat suatu benda terhadap berat air yang volumenya sama dengan benda tersebut. Sebagai standar dipergunakan air pada suhu 4°C karena pada suhu tersebut air memiliki kepadatan yang stabil. Ada beberapa jenis berat jenis agregat, yaitu :

### a) Berat jenis bulk (*bulk specific gravity*)

Bila aspal diasumsikan hanya menyelimuti agregat di bagian permukaan saja, tidak meresap ke bagian agregat yang permeable, volume yang diperhitungkan adalah :

$$\text{Bulk SG} = \frac{W_s}{(V_s + V_i + V_p) \times \gamma_w} = \frac{W_s}{V_{tot} \times \gamma_w}$$

Dimana :  $\gamma_w$  : berat volume air = 1 gr/cc = 1 t/m<sup>3</sup>.

Sehingga *bulk SG* adalah rasio antara berat agregat dan berat air yang volumenya =  $V_s + V_i + V_p$

### b) SG ini didasarkan atas asumsi bahwa aspal ke dalam agregat dengan tingkat resapan yang sama dengan air, yaitu sampai $V_c$ atau ke dalam seluruh $V_p$ . Karenanya volume yang dipertimbangkan adalah : $V_s + V_i$

$$\text{Apparent SG} = \frac{W_s}{(V_s + V_i) \times \gamma_w}$$

### c) Berat jenis efektif (*effective specific gravity*)

SG Bulk dan SG Appareny didasarkan atas dua kondisi ekstrem. Asumsi yang realistis adalah bahwa aspal dapat meresap sampai ke  $(V_p - V_c)$ . Oleh karena itu SG atas asumsi ini disebut SG efektif.

$$\text{Effective SG} = \frac{W_s}{(V_s + V_i + V_o) \times \gamma_w}$$

Dimana :  $V_p$  : Volume pori yang dapat diresapi air

$V$  : Volume total dari agregat

$V_i$  : Volume pori yang tidak dapat diresapi air

- $V_s$  : Volume partikel agregat  
 $W_s$  : Berat kering partikel agregat  
 $\gamma\omega$  : Berat volume air.

### 2.3.2 Lateks

Lateks merupakan sistem koloid dimana partikel karet yang dilapisi oleh protein dan fosfolipid terdispersi di dalam air. Protein di lapisan luar memberikan muatan pada partikel karet. Lateks merupakan suatu dispersi butir-butir karet dalam air, dimana di dalam dispersi tersebut juga larut beberapa garam dan zat organik seperti gula dan protein (Goutara *et al.*, 1985). Sementara itu, Triwijoso dan Siswanto (1989) mengungkapkan bahwa lateks merupakan cairan yang berwarna putih atau putih kekuning-kuningan yang terdiri atas partikel karet dan bukan karet yang terdispersi di dalam air.

Air getah (lateks) yang pada dewasa ini dipakai untuk pembuatan berbagai barang berasal dari tanaman karet (*Hevea brasiliensis*). Air getah (lateks) kira-kira mengandung 25-40% bahan karet mentah (*crude rubber*) dan 60-75% serum (air dengan zat-zat yang melarut di dalamnya). Bahan karet mentah antara lain mengandung 90-95% karet murni, 2-3% protein, 1-2% asam-asam lemak, 0,2% gula, dan 0,5% garam-garam mineral (Loo, 1980).

Komposisi lateks *Hevea brasiliensis* dapat dilihat jika lateks disentrifugasi dengan kecepatan 18.000 rpm yang hasilnya adalah sebagai berikut :

1. Fraksi lateks (37%) : Karet (*isopren*), protein, lipida, dan ion logam.
2. Fraksi Frey Wyssling (1-3%) : Karotenoid, lipida, air, karbohidrat dan inositol, protein dan turunannya.
3. Fraksi serum (48%) : Senyawaan nitrogen, asam nukleat dan nukleotida, senyawa organik, ion anorganik, dan logam.
4. Fraksi dasar (14%) : Air, protein dan senyawaan nitrogen, karet dan karotenoid, lipida dan ion logam.

Getah karet diperoleh dengan menyadap kulit batang karet dengan pisau sadap sehingga keluar getah yang disebut lateks. Lateks adalah hasil fotosintesis dalam bentuk sukrosa ditranslokasikan dari daun melalui pembuluh tapis ke dalam pembuluh lateks. Dalam pembuluh lateks terdapat enzim seperti invertase yang akan mengatur proses perombakan sukrosa untuk pembentukan karet (Manitto,1981). Molekul sukrosa melalui serangkaian proses enzimatik akan membentuk asetil asetat atau asetil CoA. Asetil CoA yang dihasilkan dari glikolisis selanjutnya melalui serangkaian reaksi enzimatik akan membentuk rantai isoprene 5- karbon yaitu *isopentenil pirofosfat (IPP)*. *IPP* dengan dikatalisir oleh *isopentenil difosfat isomerase* membentuk *Dimetilalil Pirofosfat (DMAPP)*. Manitto (1960) menambahkan bahwa *IPP* dapat mengalami isomerisasi menjadi *DMAPP* sehingga terjadi perubahan dari substansi yang tidak reaktif menjadi molekul reaktif. Reaksi tersebut adalah reaksi reversibel yang terdapat dalam biosintesis terpena. Suatu molekul *DMAPP* dapat berkondensasi secara kepala ke ekor dengan *IPP* menghasilkan geranil pirofosfat. Reaksi tipe ini dapat diulangi dengan jalan mereaksikan lebih lanjut produk dengan *IPP*. *DMAPP* berperan sebagai batu pondasi yang di atasnya diletakkan bata-bata penyusun bangunan yaitu *IPP*. Adisi serupa ini dapat berlangsung karena produk yang didapat dari adisi C5 yang berlangsung sebelumnya, mempunyai reaksifitas yang serupa *DMAPP*.

Seri berikutnya setiap pengulangan pada tingkat yang lebih kompleks geranil-geranil pirofosfat dapat dikonversi menjadi diterpene atau geranil-geranil pirofosfat dapat digabungkan menjadi membentuk badan 40 karbon. Pada jalur tetraterpene antara lain dihasilkan karetenoid selanjutnya setiap penambahan kepala sampai ekor dengan peran penting *IPP* akhirnya menghasilkan politerpenes karet. **Gambar 2.3** menunjukkan penyadapan lateks dari pohon karet.



**Gambar 2.3** Penyadapan Lateks *Hevea Brasiliensis* (Barney, 1973)

Proses pengumpulan lateks harus memperhatikan kebersihan alat dan kemungkinan terjadinya pengotoran pada lateks. Kotoran yang sulit dihilangkan menyebabkan terjadinya prokoagulasi. Menurut Barney (1973), pembentukan asam-asam dalam lateks yang tidak diberi pengawet akan menyebabkan penggumpalan secara alami. Kontaminasi mikroorganisme dari udara, perusakan karbohidrat, protein, dan lipid dalam lateks serta aktivitas enzim tertentu memfermentasikan bagian-bagian bukan karet dalam lateks menjadi asam lemak eteris dan asam lemak bebas. Asam lemak eteris merupakan asam lemak yang mudah menguap. Penambahan bahan kimia pengawet seperti amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan formalin bertujuan untuk meningkatkan kemantapan lateks. Sebagai pengawet, amonia lebih banyak dipergunakan daripada bahan kimia lain karena memiliki beberapa keunggulan. Amonia harganya lebih murah, mudah menguap, dan konsentrasinya dalam bentuk gas lebih mudah digunakan sedangkan kekurangannya yaitu bau, sensitif terhadap seng dioksida, dan konsentrasinya terus berkurang karena reaksi yang lambat dengan bahan penyusun bukan karet

(Cook, 1956). Menurut Suparto (2002), lateks Hevea terdiri dari karet, resin, protein, abu, gula, dan air dengan komposisi seperti terlihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Komposisi Kimia Lateks

Jenis Komponen	Komposisi (%)
Karet	30-35
Resin	0,5-1,5
Protein	1,5-2,0
Abu	0,3-0,7
Gula	0,3-0,5
Air	55-60

(Sumber : Suparto (2002))

### 2.3.3 Pengertian Aspal

Aspal adalah bahan alam dengan komponen kimia hidrokarbon, hasil eksplorasi dengan warna hitam bersifat plastis hingga cair, tidak larut dalam larutan asam encer dan alkali atau air, tapi larut sebagian besar dalam aether, CS<sub>2</sub> bensol dan chloroform (Saodang, 2005).

Fungsi aspal dalam perkerasan beraspal adalah sebagai bahan pengikat agar agregat tidak mudah lepas akibat lalu lintas dan lingkungan. Selain itu aspal juga berfungsi sebagai lapis kedap yang melindungi agregat dan material lain di bawahnya dari pengaruh air. Agar aspal dapat dapat berfungsi seperti yang diharapkan maka aspal diantaranya harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Aspal harus dapat melapisi agregat dan mengisi rongga antar agregat hingga perkerasan cukup rapat dan kedap air.
2. Aspal harus memberikan lapisan yang elastis sehingga perkerasan tidak mudah retak.
3. Aspal tidak peka terhadap perubahan suhu di lapangan.
4. Aspal mempunyai adhesi yang baik terhadap agregat yang dilapisi.

5. Aspal mempunyai kohesi yang baik.
6. Aspal tidak cepat rapuh atau lapuk.
7. Aspal mudah dikerjakan.
8. Aspal aman saat pengerjaan.
9. Aspal homogen dan tidak berubah selama penyimpanan.

### **2.3.3.1 Jenis Aspal**

Aspal yang digunakan untuk bahan perkerasan jalan (Saodang, 2005), terdiri beberapa jenis :

#### **1. Aspal Alam**

Aspal alam berbentuk apabila deposit minyak mentah dalam perut bumi terdestilasi secara alami. Aspal ini bisa muncul ke permukaan bumi melalui cetakan/retakan. Apabila aspal yang muncul ke permukaan yang berupa lembah maka terbentuk deposit aspal alam yang disebut aspal danau. Sedangkan apabila aspal yang muncul ke permukaan bumi dan meresap ke dalam batuan porus akan berbentuk aspal gunung. Di Indonesia terdapat aspal alam yang disebut aspal batu buton atau asbuton. Aspal alam ini terjadi karena adanya minyak bumi yang mengalir keluar melalui retak-retak kulit bumi. Setelah minyak menguap, maka tinggal aspal yang melekat pada batuan dilalui.

#### **2. Aspal minyak (*Petroleum Asphalt*)**

Berbentuk padat atau semi - padat sebagai cikal bakal bitumen, yang diperoleh dari penirisan minyak.

##### **a) Aspal keras - panas (*Ashalitic - Cement, AC*)**

Aspal ini berbentuk padat pada temperatur ruangan. Di Indonesia aspal semen dibedakan dari nilai penetrasinya, misal : AC dengan penetrasi 40/50, 60/70, 85-100).

Aspal dengan penetrasi rendah digunakan di daerah cuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal dengan penetrasi tinggi digunakan di tempat bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah.

b) Aspal dingin - cair (*Cut –back Asphalt*)

Aspal ini digunakan dalam keadaan cair dan dingin. Aspal dingin adalah campuran pabrik antara aspal panas dengan bahan pengencer dari hasil penyulingan minyak bumi.

c) Aspal emulsi (*Emulsion Asphalt*)

### 2.3.3.2 Sifat Aspal

Aspal mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Daya tahan (*Durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan.

2. Adhesi dan kohesi

Adhesi yaitu ikatan antara aspal dan agregat pada campuran aspal beton. Sifat ini di evaluasi dengan menguji spesimen dengan test stabilitas *Marshall*. Kohesi adalah ketahanan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah bahan yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak jika temperatur bertambah.

4. Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga dilapisi aspal atau disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Pada proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas. Peristiwa perapuhan terus berlangsung selama masa pelaksanaan. Jadi, selama masa pelayanan, aspal mengalami proses oksidasi yang besar yang dipengaruhi oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

### 2.3.3.3 Pemeriksaan Aspal

Sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa dan aspal yang memenuhi syarat yang telah ditetapkan dapat dipergunakan sebagai bahan pengikat perkerasan lentur. Pemeriksaan yang dilakukan untuk aspal keras adalah sebagai berikut:

#### 1. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Pengujian dilaksanakan pada suhu 25°C dan kedalaman penetrasi diukur setelah beban dilepaskan selama 5 detik.

#### 2. Pemeriksaan Titik Lembek (*Softening Point Test*)

Pemeriksaan titik lembek bertujuan untuk mengetahui kepekaan aspal terhadap temperatur. Suhu pada saat aspal mulai menjadi lunak tidaklah sama pada setiap hasil produksi aspal walaupun mempunyai nilai penetrasi yang sama. Titik lembek adalah suhu rata-rata (dengan beda suhu  $\leq 1^\circ\text{C}$ ) pada saat bola baja menembus aspal karena leleh dan menyentuh plat di bawahnya (sejarak 1 *inch* = 25,4mm). Pengujian dilaksanakan dengan alat "*Ring and Ball Apparatus*". Manfaat dari pengujian titik lembek ini adalah digunakan untuk menentukan temperatur kelelahan dari aspal.

#### 3. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar bertujuan untuk menentukan suhu pada aspal terlihat nyala singkat dipermukaan aspal (titik nyala) dan suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik.

#### 4. Pemeriksaan Daktilitas Aspal

Tujuan pemeriksaan ini untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus, pada suhu 25°C dan kecepatan tarik 5cm/menit.

## 5. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan air yang sama pada suhu tertentu, 25°C. Data berat jenis aspal dipergunakan untuk perhitungan dalam perencanaan dan evaluasi sifat campuran aspal beton (perhitungan Sgmix dan porositas).

### 2.3.3.4 Karakteristik Aspal Keras

Aspal Keras dibedakan atas tingkat penetrasinya (ukuran kekentalan aspal keras), misalnya AC 60/70, AC 80/100, AC 200, AC 300. Dalam hal ini disajikan beberapa persyaratan aspal keras, antara lain : aspal keras penetrasi 60/70 yang di syaratkan pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Aspal Pen. 60-70
1	Penetrasi pada 25°C (0,01 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 06-6441-2000	≥300
4	Titik lembek (°C)	SNI 2434-2011	≥48
5	Daktalitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432-2011	≥100
6	Titik nyala (°C)	SNI 2433-2011	≥232
7	Kelarutan dalam <i>trichloroethylene</i> (%)	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) (°C)		
	Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002)		
11	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤0,8
12	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 03-2441-1991	≤800
13	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 06-2456-1991	≥54

14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432-2011	$\geq 100$
15	Keelastisan setelah pengembalian (%)	AASHTO T301-98	-

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

## 2.4 Campuran Beton Aspal

Aspal beton (*hotmix*) adalah campuran agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi bersuhu tinggi (panas) dengan komposisi yang diatur oleh spesifikasi teknis. Aspal beton secara luas digunakan sebagai lapisan permukaan pada konstruksi jalan dengan lalu lintas berat, sedang dan ringan serta lapangan terbang dalam segala kondisi segala macam cuaca.

Campuran aspal panas adalah campuran perkerasan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan bahan pengikat aspal yang dibuat dengan perbandingan tertentu dan dicampurkan dalam kondisi panas. Di Indonesia jenis campuran aspal panas yang lazim digunakan antara lain aspal beton, *hot rolled sheet* (HRS) dan *split mastic asphalt* (SMA). Banyak percobaan yang dilakukan untuk memodifikasi campuran aspal panas dengan bahan tambahan yang dimaksudkan untuk meningkatkan kualitas perkerasan. Studi kepustakaan tentang modifikasi tersebut memberikan pengaruh terhadap karakteristik masing-masing jenis campuran aspal panas.

Hasil studi menunjukkan bahwa setiap bahan modifikator memberikan hasil yang berbeda-beda terhadap nilai karakteristik aspal panas, antara lain nilai stabilitas Marshall, *flow*, *void in mix* (VIM), *void filled bitumen* (VFB) dan *Marshall quotient*.

### 2.4.1 Jenis Aspal Beton

Berdasarkan bahan yang digunakan dan kebutuhan perencanaan konstruksi jalan aspal beton dapat dibedakan dalam beberapa jenis, antara lain;

- 1) *Asphalt Treated Base* (ATB), merupakan jenis campuran aspal beton yang digunakan sebagai lapis pondasi atas konstruksi perkerasan jalan untuk lalu lintas berat dengan volume tinggi.
- 2) *Binder course* (AC-BC), biasanya digunakan sebagai lapis kedua sebelum *wearing course*.
- 3) *Wearing Course* (AC-WC), digunakan sebagai lapis permukaan dengan lalu lintas berat.
- 4) *Hot Rolled Sheet* (HRS), digunakan sebagai lapis permukaan dengan lalu lintas sedang sampai berat.

### 2.4.2 Kelebihan Beton Aspal (*Hotmix*)

Adapun kelebihan dari beton aspal (*Hotmix*) yaitu :

- 1) Lapis konstruksi Aspal beton tidak peka terhadap air (kedap air).
- 2) Dapat dilalui kendaraan setelah pelaksanaan penghamparan.
- 3) Memiliki sifat fleksibilitas sehingga memberikan kenyamanan bagi pengguna lalu lintas.
- 4) Stabilitas yang tinggi sehingga mampu menahan beban lalu lintas tanpa terjadinya deformasi.
- 5) Waktu pengerjaan yang relatif lebih singkat.
- 6) Tahan terhadap gesekan lalu lintas dan cuaca.
- 7) Pemeliharaan yang relatif mudah dan murah.



**Gambar 2.4** Bentuk permukaan aspal padat

#### 2.4.3 Gradasi Agregat Campuran Beton Aspal.

Pada umumnya agregat yang tersedia di lapangan, baik hasil produksi mesin pemecah batu maupun sebagaimana bentuk dan ukurannya di alam belum memenuhi gradasi sebagaimana disyaratkan didalam spesifikasi pekerjaan. Untuk itu diperlukan pencampuran dari berbagai ukuran agregat seperti yang tersedia di lapangan. Adapun syarat gradasi - gradasi agregat untuk campuran aspal beton dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Penggunaan aspal beton biasanya digunakan untuk lalu lintas sedang karena memiliki nilai stabilitas minimum 800 kg dengan 2x75 tumbukan, sehingga aspal beton cukup optimal digunakan untuk lalu lintas tinggi dikarenakan mampu menahan beban diatas 800 kg.

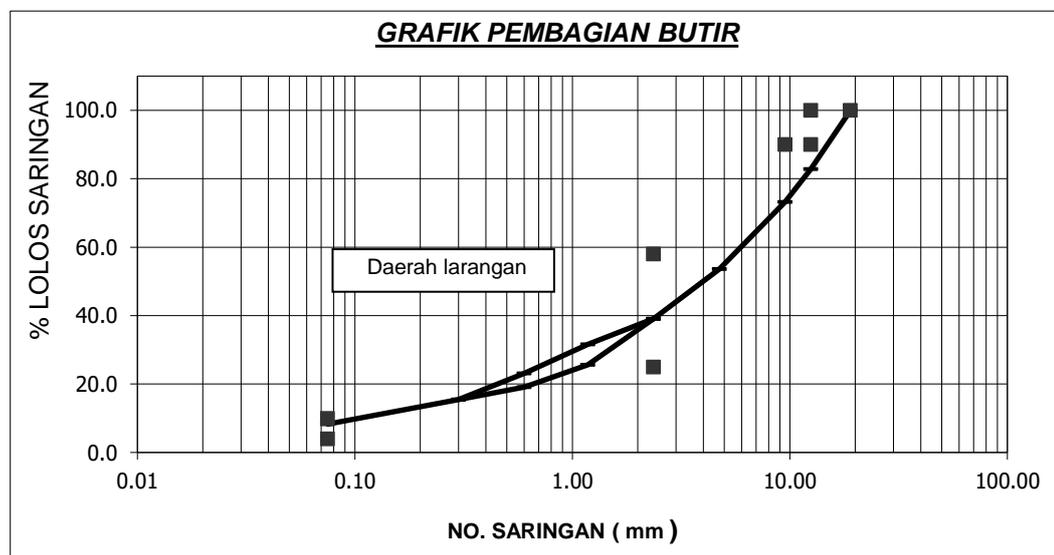
**Tabel 2.3** Gradasi Agregat Campuran Aspal Beton (AC-WC)

Ukuran Saringan		DAERAH LARANGAN	TITIK KONTROL
(Inc)	(mm)		
1,5"	38,10		
1"	25,40		
3/4"	19,00		100

1/2"	12,50				90 - 100
3/8"	9,51				MAX 90
#4	4,75				-
#8	2,36	39,1	-	39,1	25 - 58
#16	1,18	25,6	-	31,6	-
#30	0,60	19,1	-	23,1	-
#50	0,30	15,5	-	15,5	-
#200	0,08				4 - 10

(Sumber : Dokumen Pengadaan Spesifikasi Umum JASA MARGA 2013)

Grafik Pembagian Butir Agregat Campuran Aspal Beton (AC-WC)



#### 2.4.4 Spesifikasi Campuran Beton Aspal

Kinerja Beton Aspal diperoleh melalui hasil pengujian karakteristik campuran beraspal. Spesifikasi untuk Beton Aspal dibatasi pada nilai-nilai sebagai berikut:

**Tabel 2.4** Ketentuan Campuran Beton Aspal

Sifat-sifat Campuran		LASTON					
		AC-WC		AC-BC		AC-Base	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar Aspal Efektif(%)	Min.	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan Aspal(%)	Maks.	1,2					
Jumlah Tumbukan perBidang		75				112	
Rongga dalam Campuran(%)	Min.	3,5					
	Maks.	5,0					
Rongga dalam Agregat(%)	Min.	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal(%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas Marshall(kg)	Min.	800				1800	
Pelelehan(mm)	Min.	3,0				4,5	
Marshall Quotient(kg/mm)	Min.	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa setelah Perendaman 24 jam, 60 C(%)	Min.	90					
Rongga dalam Campuran pada Kepadatan Membal(%)	Min.	2,5					

(Sumber: Bina Marga, 2010)

## 2.5 Pengukuran Volumetrik Sampel

Karakteristik campuran aspal beton yang dimaksud adalah volume benda uji campuran setelah dipadatkan. Dasar analisis perhitungan yang digunakan terdapat dalam metode *Marshall*. Kinerja aspal beton sangat ditentukan oleh volumetrik campuran aspal beton padat itu sendiri.

Adapun persamaan - persamaan untuk menganalisis campuran beraspal panas, adalah :

### 1. Berat Jenis Bulk Beton Aspal Padat ( $G_{mb}$ )

Berat jenis Bulk dari Beton Aspal Padat ( $G_{mb}$ ) dapat diukur dengan mempergunakan hukum Archimedes, yaitu:

$$G_{mb} = \frac{\text{berat benda uji kering}}{\text{berat benda uji kering permukaan jenuh} - \text{berat benda uji dalam air}}$$

## 2. Berat Jenis Maksimum Beton Aspal yang Belum Dipadatkan ( $G_{mm}$ )

Berat jenis maksimum dari campuran beton aspal yang belum dipadatkan ( $G_{mm}$ ) adalah berat jenis campuran beton aspal tanpa ada udara, yang diperoleh dari pemeriksaan di laboratorium yang dirumuskan :

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}}$$

Dimana :

- $G_{mm}$  : Berat jenis maksimum campuran
- $P_b$  : Jumlah aspal, % terhadap total berat campuran
- $P_s$  : Jumlah agregat, % terhadap total berat campuran
- $G_b$  : Berat jenis aspal
- $G_{se}$  : Berat jenis efektif agregat

## 3. Perhitungan Jumlah Kadar Aspal yang Terserap

$$P_{ba} = 100 \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \cdot G_{se}} G_b$$

Dimana :

- $P_{ba}$  : Aspal yang terserap, % berat terhadap berat agregat
- $G_{se}$  : Berat spesifik agregat
- $G_{sb}$  : Berat jenis bulk agregat
- $G_b$  : Berat spesifik aspal

## 4. Volume Pori dalam Agregat Campuran (VMA)

Volume pori dalam agregat campuran (VMA = *Voids in the mineral aggregate*), adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase.

Jika komposisi campuran ditentukan berdasarkan Berat Total Campuran

$$\text{VMA} = 100 - \frac{G_{mb} \cdot P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

$G_{mb}$  : Berat jenis bulk campuran

$P_s$  : Berat jenis bulk agregat

$G_{sb}$  : Berat jenis efektif agregat

$P_s$  : Jumlah agregat, % terhadap total berat campuran

#### 5. Volume Pori dalam Beton Aspal Padat (VIM)

Banyaknya pori yang berada dalam beton aspal padat (VIM) adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat yang diselimuti aspal. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat. Dasar perhitungan berdasarkan volume beton aspal padat = 100 cm<sup>3</sup>.

$$\text{VIM} = (100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}) \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

$G_{mm}$  : Berat jenis maksimum campuran

$G_{mb}$  : Berat jenis bulk campuran

#### 6. Volume Pori Antara Butir Agregat Terisi Aspal (VFA)

Banyaknya pori-pori antara butir agregat (VMA) di dalam beton aspal padat, yang terisi oleh aspal, dinyatakan sebagai VMA. Persentase pori antara pori butir agregat yang terisi aspal dinamakan VFA. Jadi, VFA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk di dalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Aspal yang mengisi VFA merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal. Dasar perhitungan berdasarkan volume beton aspal padat = 100 cm<sup>3</sup>.

$$\text{VFA} = \frac{100(\text{VMA} - \text{VIM})}{\text{VMA}} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

VFA : Volume pori antara butir agregat yang terisi aspal % dari VMA

VMA : Volume pori antara butir agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume beton bulk beton aspal padat

VIM : Volume pori dalam beton aspal padat, % dari volume beton bulk beton aspal padat.

#### 7. Berat jenis Bulk Agregat Campuran ( $G_{sb}$ )

Agregat yang digunakan untuk membentuk beton aspal padat, memiliki gradasi tertentu yang biasanya diperoleh dari pencampuran beberapa fraksi agregat yang tersedia di lokasi. Masing-masing agregat mempunyai berat jenis yang berbeda sehingga untuk menghitung berat beton aspal padat dibutuhkan berat jenis agregat campuran.

$$G_{sb} = \frac{100}{\left(\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}\right)}$$

Dimana :

$G_{sb}$  : Berat jenis bulk agregat campuran

$P_1, P_2, \dots, P_n$  : Persentase berat tiap jenis agregat

$G_1, G_2, \dots, G_n$  : Spesifikasi jenis agregat

#### 8. Berat Jenis Berat Efektif Agregat Campuran ( $G_{se}$ )

Berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan,  $G_{mm}$  dapat ditentukan di laboratorium. Dasar perhitungan dilakukan berdasarkan berat beton aspal belum dipadatkan = 100 gram

$$G_{se} = \frac{100}{\left(\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}\right)}$$

Dimana :

- $G_{se}$  : Berat jenis efektif agregat  
 $P_1, P_2, \dots, P_n$  : Persentase berat tiap jenis agregat  
 $G_1, G_2, \dots, G_n$  : Spesifikasi jenis agregat.