

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 porus. 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 porus. Dua additive, yaitu Gilsonite HMA Modifier Grade dan Lateks dipilih sebagai additive campuran aspal porus . 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 porus menggunakan retona blend55 terhadap nilai karakteristik campuran aspal porus 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 karekteristik campuran aspal porus menggunakan bahan pengikat Retona Blend55 dengan KAO 6,0% didapatkan nilai stabilitas 974kg, kelelehan (flow) 3,7mm, VMA 24,4%, VIM 12,7%, VFB 62,9% Marshall Quontient (MQ) 270,2 kg/mm , serta kepadatan (density) 2,41 gr/cm³. dalam penelitian ini, hal yang lebih ditinjau adalah karakteristik marshall aspal porus akibat penambahan latek. Dengan adanya penambahan ini dapat disimpulkan bahwa campuran retona blend55 dan latek tidak banyak mempengaruhi karakteristik marshall dengan kadar latek 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:

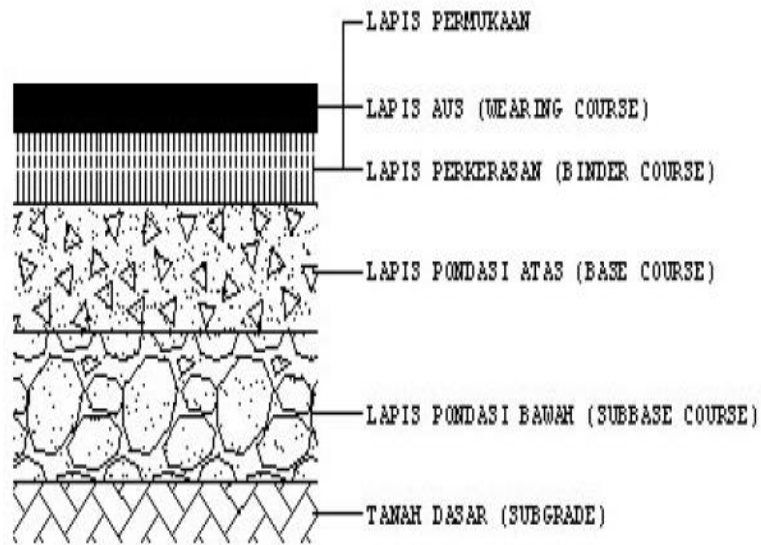
1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*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 Coarse*)
2. Lapis pondasi atas (*Base Coarse*)
3. Lapis permukaan (*Surface Coarse*)
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 $> 1/4 \text{ inch}$ (6,35 mm) sedangkan pasir adalah agregat dengan ukuran partikel $< 1/4 \text{ inch}$ 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 $< 0,075 \text{ mm}$.

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

Menurut AASHTO:

1. Agregat kasar, mempunyai ukuran > 2 mm.
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%.

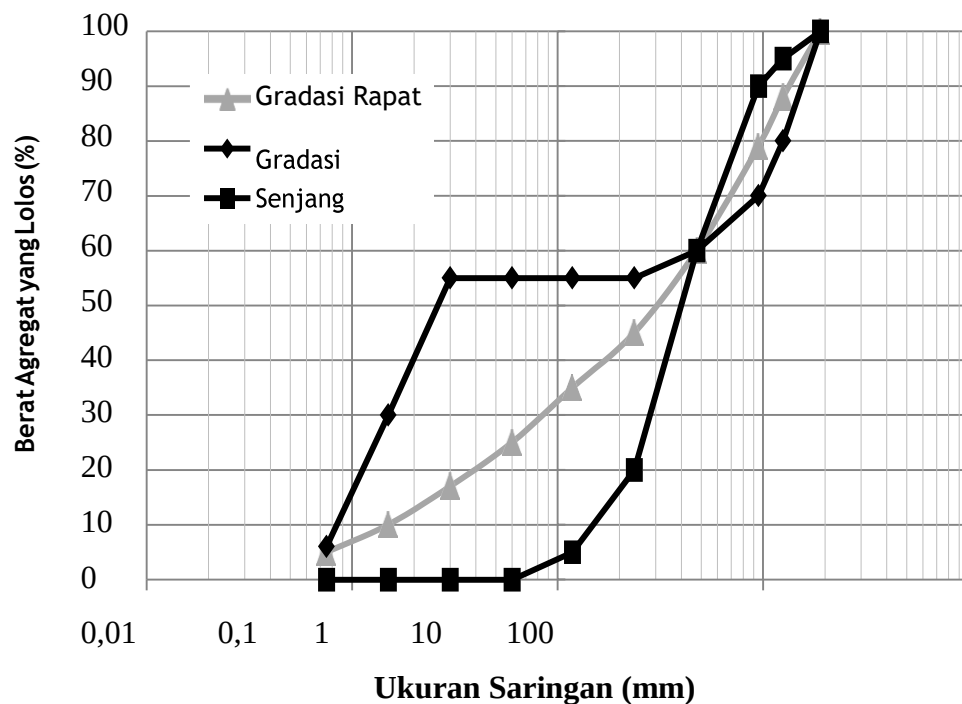
2.3.1.4 Sifat Agregat

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 mempergunakan :

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 :

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

keterangan : γ_w = berat volume air = 1 gr/cc = 1 t/m³. 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 Apparenty 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.

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

keterangan : 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 diatasnya 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 2.2 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, kerusakan 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 (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, CS₂ 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 dilapangan
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 bias 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 kedalam 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 yang dilalui.

2. Aspal minyak (*Petroleum Asphalt*)

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

a) Aspal keas-panas (*Ashalttic-Cement, AC*)

aspal ini berbentuk padat pada temperature 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 ditempat 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 dievaluasi dengan menguji sepesimen 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 dibawahnya (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	Daktilitas 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	≥100
15	Keelastisan setelah pengembalian (%)	AASHTO T301-98	-

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

2.4 Campuran Aspal Porus

Aspal porus adalah aspal yang dicampur dengan agregat tertentu yang setelah dipadatkan mempunyai 20% pori-pori udara. Aspal porus umumnya memiliki nilai stabilitas Marshall yang lebih rendah dari beton aspal yang menggunakan gradasi rapat. Stabilitas Marshall akan meningkat bila gradasi terbuka yang digunakan lebih banyak fraksi halus (Cabrera & Hamzah, 1996). Aspal porus adalah jenis perkerasan jalan yang didesain untuk meningkatkan besar koefisien gesek pada permukaan perkerasan.

Aspal porus kerap digunakan untuk lapis permukaan yang diletakkan diatas lapisan *base* atau *surface* yang *permeable* dan didominasi oleh agregat kasar, sehingga gradasinya adalah gradasi terbuka (*open graded*) dan berfungsi sebagai sub-drainase dibawah permukaan jalan.

Campuran aspal porus merupakan generasi baru dalam perkerasan lentur, yang membolehkan air meresap ke dalam lapisan atas (*wearing course*) secara vertikal dan horizontal. Lapisan ini menggunakan gradasi terbuka (*open graded*) yang dihamparkan diatas lapisan aspal yang kedap air. Lapisan aspal porus ini secara efektif dapat memberikan tingkat keselamatan yang lebih, terutama di waktu hujan agar tidak terjadi aquaplaning sehingga menghasilkan kekesatan permukaan yang lebih kasar, dan dapat mengurangi kebisingan (*noise reduction*).



Gambar 2.4 (a) Bentuk permukaan aspal porus (b) Bentuk permukaan aspal padat

1. Keuntungan menggunakan aspal porus;

- a) Dapat mengurangi aquaplaning apabila permukaan aspal basah akibat tingginya kadar pori dalam aspal porus.
- b) Permukaan aspal porus sangat kasar dan kesat, oleh karena didominasi oleh agregat kasar sehingga permukaannya memiliki *skid resistance* (tahanan geser) tinggi yang dapat mengurangi kecelakaan lalu lintas berupa slipnya ban kendaraan diatas permukaan jalan.
- c) Terjadi untaian pori yang membentuk saluran drainase, yang mampu merasap air pada arah vertikal dan mengalirkannya kesaluran samping jalan sehingga air tidak mempengaruhi lapisan *subbase*.
- d) Dapat meredam kebisingan 3-4dB dimana kebisingan tersebut diredam oleh pori-pori yang ada dalam aspal porus.

2. Kerugian menggunakan aspal porus;

- a) Tingginya kadar rongga di dalam aspal porus menyebabkan stabilitas aspal porus sehingga perlu mempertimbangkan penggunaan lebih cermat pada lalu lintas tinggi. Dengan besarnya rongga yang ada dalam perkerasan menyebabkan resiko terhadap bahaya pumping oleh lalu lintas sehingga perlu mendapatkan perhatian pada proses perencanaan.
- b) Peluang terjadinya kerusakan pada perkerasan sangat tinggi, karena oksigen memasuki rongga aspal porus, sehingga terjadi proses oksidasi pada aspal yang menyebabkan aspal menjadi lapuk.
- c) Kemungkinan bahaya *desintegrasi* perkerasan akan terjadi akibat kurangnya peristiwa *interlocking* oleh karena penggunaan agregat kasar dalam jumlah yang besar dan dibatasinya agregat halus.

2.4.1 Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus

Pada umumnya agregat yang tersedia di lapangan, baik hasil produksi mesin pemecah batu maupun sebagaimana bentuk dan ukurannya dialam 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 Porus dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus

Ukuran Ayakan	% Berat Yang Lolos
(mm)	Ag. Maks. 10 mm
19,00	100
12,50	100
9,5	85-100
4,75	20-45
2,36	10-20
1,18	6-14
0,6	5-10
0,3	4-8
0,15	3-7
0,75	2-5
Total	100
Kadar Aspal	5,0-7,0

Sumber : *Australian Asphalt Pavement Association*, 2004

Penggunaan Aspal Porus biasanya digunakan untuk lalu lintas sedang karena memiliki nilai stabilitas minimum 500 kg dengan 2x50 tumbukan. Sedangkan untuk lalu lintas tinggi nilai stabilitas minimum 800 kg dengan 2x75 tumbukan, sehingga Aspal Porus kurang optimal digunakan untuk lalu lintas tinggi dikarenakan tidak kuat menahan beban diatas 800 kg yang mengakibatkan umur Aspal Porus lebih pendek dibanding jenis perkerasan lain.

2.4.2 Spesifikasi Campuran Aspal Porus

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

Tabel 2.4 Ketentuan Campuran Aspal Porus

No.	Kriteria Perencanaan	Nilai
1	Nilai Cantabro loss (%)	Maks.35
2	Koefisien Permeabilitas (cm/s)	0,1-0,5
3	Kadar Rongga di Dalam Campuran (VIM %)	18-25
4	Stabilitas Marshall (kg)	Min.500
5	Kelelahan Marshall (mm)	2-6
6	Kekakuan Marshall (kg/mm)	Maks. 400
7	Jumlah Tumbukan Perbidang	50

Sumber : *Australian Asphalt Pavement Association*, 2004

2.4.3 Sifat-Sifat Campuran Aspal Porus

Sifat-sifat campuran aspal porus sebagai lapis perkerasan jalan antara lain:

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu lapis keras untuk menerima beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk (deformasi) seperti gelombang, alur maupun *bleeding*. Stabilitas pada aspal porus lebih rendah dibandingkan dengan *HRA (Hot Rolled Asphalt)* atau *AC (Asphalt Concrete)* dikarenakan banyaknya pori. Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum arloji. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan oleh jarum arloji perlu dikonversi terhadap alat *Marshall*. Hasil pembacaannya di arloji stabilitas harus dikalikan dengan nilai kalibrasi proving ring yang digunakan alat *Marshall*. Pada penelitian ini, alat *Marshall* yang digunakan mempunyai nilai kalibrasi proving ring sebesar 15,9. Selanjutnya, nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan benda uji yang dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.5 Angka koreksi tebal benda uji

Volume Banda Uji (cm ³)			Tebal mm	Angka Koreksi
Min.	Maks.	Rata ²		
200	213	206,5	25,4	5,56
214	225	219,5	27,0	5,00
226	237	231,5	28,6	4,55
238	250	244,0	30,2	4,17
251	264	257,5	31,8	3,85
265	276	270,5	33,3	3,57
277	289	283,0	34,9	3,33
290	301	295,5	35,5	3,03
302	316	309,0	38,1	2,78
317	328	322,5	39,7	2,50
329	340	334,5	41,3	2,27
341	353	347,0	42,9	2,08
354	367	360,5	44,4	1,92
368	379	373,5	46,0	1,79
380	392	386,0	47,6	1,67
393	405	399,0	49,2	1,56
406	420	413,0	50,8	1,47
421	431	426,0	52,4	1,39
432	443	437,5	54,0	1,32
444	456	450,0	55,6	1,25
457	470	463,5	57,2	1,19
471	482	476,5	58,7	1,14
483	495	489,0	60,3	1,09
496	508	502,0	61,9	1,04
509	522	515,5	63,5	1,00
523	535	529,0	65,1	0,96
536	546	541,0	66,7	0,93
547	559	553,0	68,3	0,89
560	573	566,5	69,9	0,86
574	585	579,5	71,4	0,83
586	598	592,0	73,0	0,81
599	610	604,5	74,6	0,78
611	625	618,0	76,2	0,76

Sumber: SNI 06-2489-1991

2. *Flow*

Flow adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runuh, dimana pengujiannya dilakukan bersamaan dengan pengukuran stabilitas (dinyatakan dalam mm atau 0.01 inch) vertikal yang terjadi. Pengukuran *flow* bersamaan dengan pengukuran nilai stabilitas *Marshall*. Nilai *flow* yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat elastis dan lebih mengikuti deformasi akibat beban. Sedangkan nilai *flow* yang rendah menandakan bahwa campuran tersebut sangat potensial terhadap retak, hal ini mungkin disebabkan karena banyak rongga kosong yang tidak terlapisi aspal. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal dan viskositas aspal, gradasi, suhu, dan jumlah pemadatan.

3. Keawetan (Durabilitas)

Durabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan dalam mempertahankan diri dari kerusakan yang terjadi selama umur rencana. Kerusakan dapat terjadi karena pengaruh lalu lintas serta pengaruh buruk dari lingkungan dan iklim (udara, air, dan temperatur). Umur pelayan aspal porus lebih pendek dibandingkan dengan perkerasan yang lain. Hal ini terjadinya karena adanya pori-pori udara yang lebih banyak, sehingga stabilitasnya kecil.

4. Kekesatan/Tahanan Geser (skid Resistance)

Kekesatan adalah kemampuan lapis permukaan pada lapis perkerasan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya slip pada kendaraan baik saat cuaca kering dan terutama pada saat hujan. Hal ini terjadinya pada saat terjadi hujan kekesatan genangan air (*aquaplaning*).

5. *Voint in Mix (VIM)* / Porositas

Porositas adalah kandungan udara yang terdapat pada campuran perkerasan. Aspal porus berfungsi untuk mengalirkan air permukaan secara sempurna bersamaan dengan kemiringan perkerasan sehingga dapat mengurangi beban drainase yang terjadi di permukaan, sehingga kadar porus lebih dari 20%.

6. Permeabilitas

Permeabilitas pada aspal porus adalah kemampuan lapis perkerasan untuk mengalirkan air ke bawah dan ke samping sehingga didapat permukaan yang kering. Karena rongga udara yang ada pada aspal porus umumnya bersifat *interconnecting* maka permabilitasnya tinggi untuk mendapatkan permukaan yang tidak mengandung genangan air walaupun masih dalam keadaan lembab.

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 :

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

Keterangan :

- 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

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

Keterangan :

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. Perhitungan Efektif Kadar Aspal yang Terserap

$$P_{be} = P_b \frac{P_{ba}}{100} P_s$$

Keterangan :

P_{be} = Jumlah aspal efektif, % terhadap total berat campuran

P_b = Jumlah aspal, % terhadap total berat campuran

P_{ba} = Aspal yang terserap, % berat terhadap berat agregat

P_s = Jumlah agregat, % terhadap total berat campuran

5. 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

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \cdot P_s}{G_{sb}}$$

Keterangan :

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

6. 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 cm³.

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

Keterangan :

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran

7. 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 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 cm³.

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

Keterangan :

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.

8. 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.

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

Keterangan :

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

9. 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

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

Keterangan :

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

