

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didasari oleh literatur atau referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Penggunaan referensi bertujuan untuk memberikan batasan-batasan terhadap pembahasan dari penelitian yang akan dikembangkan serta agar dapat menghasilkan hasil yang lebih baik dari referensi penelitian sebelumnya. Referensi penelitian terdahulu yang peneliti dapatkan dapat dilihat pada uraian berikut.

Tjitjik Wasiah Suroso (2008) meneliti tentang pengaruh penambahan plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) cara basah dan cara kering terhadap kinerja campuran beraspal. Dalam penelitiannya digunakan Kadar Aspal Optimum (KAO) pengujian Marshall aspal pen 60, sedangkan kadar plastiknya 3,5%. Dari hasil pengujian campuran beraspal baik karakteristik Marshall (lebih tinggi 22,5%), stabilitas dinamis (lebih tinggi 250%), kecepatan deformasi (24% lebih rendah), modulus resilien di laboratorium menunjukkan bahwa campuran aspal plastik dengan cara kering maupun basah lebih baik dari aspal konvensional. Dan kinerja campuran dengan cara basah lebih baik dari cara kering, yaitu stabilitas campuran basah lebih tinggi 7,1% dan kecepatan deformasi lebih rendah 20%. Namun dari segi biaya cara kering lebih ekonomis karena tidak membutuhkan peralatan khusus (alat pengaduk).

Nabila Andini Siregar (2019) meneliti tentang pengaruh penambahan plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) terhadap karakteristik campuran aspal AC-WC. Kadar plastik LDPE yang digunakan adalah 0%, 4%, 5%, 6%, 8%, 10%, 15% dan 20% sedangkan Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu 5,75%. Hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan adanya penambahan plastik LDPE dapat meningkatkan kinerja campuran beraspal, hal ini dapat dilihat dari terjadinya peningkatan pada nilai stabilitas Marshall dibandingkan tanpa penambahan plastik LDPE. Begitu pula nilai VIM dan VMA yang meningkat, hal ini menunjukkan rongga dalam campuran dan ruang antar agregat semakin besar,

sehingga aspal dapat mengisi ruang kosong dan mengikat agregat. Penambahan plastik LDPE dengan kadar 6% menunjukkan kualitas yang optimum dilihat dari parameter pengujian Marshall. Pada pengujian WTM diketahui bahwa dengan adanya penambahan plastik LDPE sebesar 6% memberikan nilai stabilitas dinamis sebesar 3497,30 lintasan/mm dan kecepatan deformasi sebesar 0,0120 mm/menit, sedangkan tanpa penambahan plastik LDPE memberikan nilai stabilitas dinamis sebesar 508,06 lintasan/mm dan kecepatan deformasi sebesar 0,0827 mm/menit. Hal ini menunjukkan dengan penambahan plastik LDPE mampu meningkatkan kinerja campuran aspal dalam menerima beban berulang akibat repetisi ban dan meningkatkan ketahanan terhadap retak.

Surat, Rifanie Gazalie, Riska Hawinuti (2019) meneliti tentang pengaruh penambahan plastik LDPE terhadap hasil marshall untuk HRS-WC. Dari hasil pengujian dengan penambahan plastik LDPE sebesar 5,0% pada nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,50%, diperoleh nilai pelelehan (*flow*) yang sama 4,20 mm (0%); penurunan nilai rongga terisi aspal (VMA) dari 110% menjadi 105% (4,55%); meningkatkan nilai stabilitas dari 1.490 kg menjadi 1.900 kg (27,52%); meningkatkan nilai *Marshall Quotient* dari 380 kg/mm menjadi 610 kg/mm (37,7%). Sehingga penambahan plastik LDPE memenuhi syarat spesifikasi pengujian Marshall.

Ni Luh Shinta Eka Setyarini, Anissa Noor Tajudin, Joseph Pratama (2019) meneliti tentang karakteristik Marshall lapisan aspal beton menggunakan agregat terselimut limbah plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*). Limbah plastik LDPE yang digunakan sebanyak 1% - 6% dari berat keseluruhan agregat di dalam campuran. Limbah plastik LDPE dibuat dalam bentuk potongan kecil plastik dengan ukuran benda uji dibuat berdiameter 4" dan tinggi 2,7" dalam bentuk silinder. Pengujian Marshall dilakukan pada semua benda uji. Penambahan limbah plastik LDPE dapat meningkatkan stabilitas hingga 66,70% dan menurunkan kadar aspal hingga 2,5% dibandingkan campuran aspal beton tanpa campuran limbah plastik.

Ika Sulianti, M. Sazili Harnawansyah, Merry Andika Putri, Abdul Haris Chudori (2019) meneliti tentang pengaruh limbah plastik LDPE terhadap

campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) dengan metode Marshall. Nilai kadar aspal optimum (KAO) ialah 5,75%, dan dilanjutkan dengan membuat benda uji penambahan campuran plastik dengan kadar 10%, 11%, 12%, 13%, dan 14%. Dari hasil proses pengujian, di dapatkan nilai campuran plastik pada stabilitas yang terbaik pada kadar 14%. Akan tetapi, pada nilai VIM dan VFA tidak memenuhi nilai standar spesifikasi.

2.2 Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (1999), 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.

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. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*sub base course*), lapisan tanah dasar (*subgrade*).
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.

2.3 Agregat

Agregat atau batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. *American Society for Testing and Material (ASTM)* mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen (Djanasudirja,S).

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan yaitu 90%-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75%-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

2.3.1 Jenis-Jenis Agregat

Agregat dapat dibedakan berdasarkan proses terjadinya, pengolahan, dan ukuran butirannya.

1. Berdasarkan Proses Terjadinya

a. Agregat Beku (*Igneous Rock*)

Agregat beku (*igneous rock*) adalah agregat yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Agregat beku dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- 1) Agregat beku luar (*extusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang keluar ke permukaan bumi di saat gunung berapi meletus, dan akibat pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan membeku. Pada umumnya agregat beku luar berbutir halus seperti batu apung, *andesit, basalt, obsidian, pumice*.
- 2) Agregat beku dalam (*intrusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang tak dapat keluar ke permukaan bumi, mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan-lahan di dalam bumi, dapat ditemui di permukaan bumi karena proses erosi dan atau gerakan bumi. Agregat beku dalam umumnya bertekstur kasar seperti *gabbro, diorite, syenit*.

b. Agregat Sedimen (*Sedimentary Rock*)

Agregat sedimen (*sedimentary rock*) dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan pembekuan. Pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dan sebagainya. ses mekanik, organis, dan kimiawi.

c. Agregat Metamorfik (*Metamorphic Rock*)

Agregat metamorfik (*metamorphic rock*) adalah agregat sedimen ataupun agregat beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperature kulit bumi. Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan atas agregat metamorf yang massif seperti marmer, kwarsit dan agregat metamorf yang berfoliasi, berlapis seperti batu sabak, *filit*, *sekis*.

2. Berdasarkan Pengolahannya

Berdasarkan pengolahannya agregat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

a. Agregat Siap Pakai

Agregat siap pakai adalah agregat yang dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan dengan bentuk dan ukuran sebagaimana diperoleh di lokasi asalnya, atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Agregat ini juga sering disebut sebagai agregat alam. Dua bentuk dan ukuran agregat alam yang sering dipergunakan sebagai material perkerasan jalan yaitu kerikil dan pasir.

b. Agregat yang Perlu Diolah Terlebih Dahulu Sebelum Dipakai

Agregat ini merupakan agregat yang diperoleh di bukit-bukit, di gunung-gunung, ataupun di sungai-sungai. Agregat yang berasal dari gunung, bukit, sungai yang perlu melalui proses pengolahan terlebih dahulu di mesin pemecah batu, umumnya lebih baik sebagai material perkerasan jalan, karena mempunyai bidang pecahan, bertekstur kasar dan ukuran agregat sesuai yang diinginkan. Di samping itu terdapat pula agregat yang merupakan

hasil olahan pabrik seperti semen dan kapur, atau limbah, atau limbah industri seperti abu terbang.

3. Berdasarkan Ukuran Butirnya

The Asphalt Institut dan *Deskrimpraswil* dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 membedakan agregat menjadi :

- a. Agregat Kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No. 8 (2,36 mm)
- b. Agregat Halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No. 8 (2,36 mm)
- c. Bahan Pengisi (*Filler*), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No. 30 (0,60 mm)

Bina Marga membedakan agregat menjadi :

- a. Agregat Kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No. 4 (4,75 mm)
- b. Agregat Halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No. 4 (4,75 mm)

2.3.2 Sifat Agregat Sebagai Material Perkerasan Jalan

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan suatu agregat dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah sebagai berikut :

1. Gradasi Agregat

Gradasi agregat merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan. Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari beberapa ukuran saringan. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor

saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci panjang, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Ukuran Bukaan Saringan

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
4 inch	100	3/8 inch	9,5
3 ½ inch	90	No. 4	4,75
3 inch	75	No. 8	2,36
2 ½ inch	63	No. 16	1,18
2 inch	50	No. 30	0,6
1 ½ inch	37,5	No. 50	0,3
1 inch	25	No. 100	0,15
¾ inch	19	No. 200	0,075
½ inch	12,5		

(Sumber :SNI 03-1968-1990)

Gradasi agregat dapat diperiksa dengan melakukan pengujian analisa saringan berdasarkan SNI ASTM C 136-2012.

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 (*Cleanliness*)

Kebersihan agregat ditentukan dari banyaknya butir-butir halus yang lolos saringan No.200, seperti 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. Ketahanan agregat terhadap degradasi diperiksa dengan pengujian abrasi menggunakan alat abrasi Los Angeles, sesuai dengan SNI-24117-2008 atau AASHTO T 6-87.

5. Bentuk dan Tekstur Agregat

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

6. Berat Jenis Agregat dan Penyerapan

Di dalam perhitungan rancangan campuran dibutuhkan parameter penunjuk berat yaitu berat jenis agregat. Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Agregat dengan berat jenis kecil, mempunyai volume yang besar atau berat yang ringan. Terdapat beberapa jenis berat jenis agregat (*specific gravity*) yaitu sebagai berikut :

a. Berat Jenis Curah Kering (S_d)

Berat jenis yang merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume agregat (termasuk rongga yang *ermeable e* dan *ermeable* di dalam butir partikel, tetapi tidak termasuk rongga antara butiran partikel) pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu.

- 1) Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969:2008)

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

Dimana :

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) Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970:2008)

a) Berat Jenis Curah Kering = $\frac{A}{(B+S-C)}$

b) Jika labu Le Chatelier digunakan :

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S} \right)}{0,9975(R_2-R_1)}$$

Dimana :

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);

S : Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

R₁ : Pembacaan awal posisi air pada labu Le Chatelier;

R₂ : Pembacaan awal posisi air pada labu Le Chatelier;

R₃ : Berat benda uji kondisi jkp yang dimasukkan ke labu (gram).

b. Berat Jenis Curah Jenuh Kering Permukaan (S_s)

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume agregat (termasuk berat air yang terdapat di dalam rongga akibat perendaman selama (24+4) jam, tetapi tidak termasuk rongga antara butiran partikel) pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu.

- 1) Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969:2008)

$$\text{Berat Jenis Curah Jenuh Kering Permukaan} = \frac{B}{(B-C)}$$

Dimana :

B : Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram);

C : Berat benda uji dalam air (gram).

- 2) Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970:2008)

a) Berat Jenis Curah Kering = $\frac{A}{(B+S-C)}$

- b) Jika labu Le Chatelier digunakan

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{S_1}{0,9975(R_2-R_1)}$$

Dimana :

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);

S : Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

R₁ : Pembacaan awal posisi air pada labu Le Chatelier;

R₂ : Pembacaan awal posisi air pada labu Le Chatelier;

R₃ : Berat benda uji kondisi jkp yang dimasukkan ke labu (gram).

- c. Berat jenis semu /*apparent* (S_a)

Berat jenis yang merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume suatu bagian agregat yang impermiabel pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu.

- 1) Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969:2008)

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{A}{(A-C)}$$

Dimana :

A : Berat benda uji kering oven (gram);

C : Berat benda uji dalam air (gram).

- 2) Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970:2008)

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{A}{(B+ A- C)}$$

Dimana :

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);

d. Penyerapan Air (S_w)

Penyerapan air adalah penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap ke dalam pori-pori, tetapi belum termasuk air yang tertahan pada permukaan luar partikel, dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya; agregat dikatakan "kering" ketika telah dijaga pada suatu temperatur (110 ± 5)°C dalam rentang waktu yang cukup untuk menghilangkan seluruh kandungan air yang ada (sampai beratnya tetap).

- 1) Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969:2008)

$$\text{Penyerapan Air} = \left[\frac{B-A}{A} \right] \times 100\%$$

- 2) Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970:2008)

$$\text{Penyerapan Air} = \left[\frac{S-A}{A} \right] \times 100\%$$

Dimana :

- 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);
 S : Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

2.4 Pencampuran Agregat

Gradasi agregat gabungan untuk campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) yang mempunyai gradasi menerus tersebut ditunjukkan dalam persen berat agregat harus memenuhi batas-batas dan harus berada di luar daerah larangan (*restriction zone*) yang diberikan dalam tabel di bawah ini dengan membandingkan dengan *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) yang mempunyai ukuran butir agregat maksimum 25 mm atau 1” dan *Asphalt Concrete Base* (AC-Base) 37,5 mm atau 1½”. Sedangkan AC-WC mempunyai ukuran butir agregat maksimum 19 mm atau ¾”.

Tabel 2.2 Persyaratan Gradasi Agregat Campuran Beton Aspal

Ukuran Saringan	% Berat Lolos		
	AC-WC	AC-BC	AC-BASE
mm			
37,5			100
25,0		100	90-100
19,0	100	90-100	76-90
12,5	90-100	75-90	60-78
9,5	77-90	66-82	52-71
4,75	53-69	46-64	35-54
2,36	33-53	30-49	23-41
1,18	21-40	18-38	13-30
0,600	14-30	12-28	10-22
0,300	9-22	7-20	6-15
0,150	6-15	5-13	4-10
0,075	4-9	4-8	3-7

(Sumber : Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan 2018)

2.5 *Filler*

Filler adalah mineral paling halus dari agregat beton aspal, berukuran kurang dari saringan nomor 200, dan tidak boleh mengandung kelembapan. Bahan yang paling cocok untuk *filler* adalah semen Portland yang bebas kelembapan, karena dikemas didalam karung. Bebas kelembapan ini penting karena *filler* tidak melewati mesin pemanas, masuk langsung ke *pugmill* melalui *screw intrusion*. Ada pendapat bahwa *filler* akan berfungsi untuk melengkapi garis gradasi batuan, tetapi pendapat lain condong untuk menganggap *filler* akan membentuk mastik langsung dengan aspal dan meningkatkan kemampuan aspal menahan panas tinggi di lapangan. Lapis beton aspal yang mengabaikan *filler*, baik disengaja maupun tidak, permukaan beton aspal akan mudah berubah bentuk dan mengalami deformasi (Ir. Soehartono, 2014).

2.6 Aspal

Menurut Silvia Sukirman (2003), aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun.

2.6.1 Jenis Aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang didapatkan di suatu tempat di alam dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi.

1. Aspal Alam

Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di Pulau Buton, dan ada pula yang diperoleh di danau seperti di Trinidad. Aspal alam terbesar di dunia terdapat di Trinidad, berupa aspal danau

(*Trinidad Lake Asphalt*). Indonesia memiliki aspal alam yaitu di Pulau Buton, yang berupa aspal gunung, terkenal dengan nama Asbuton (Aspal Batu Buton). Asbuton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena asbuton merupakan mineral yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Produk asbuton dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

- a. Produk asbuton yang masih mengandung material *filler*, seperti asbuton kasar, asbuton halus, asbuton mikro, dan *butonite mastic asphalt*.
- b. Produk asbuton yang telah dimurnikan menjadi aspal murni melalui proses ekstraksi atau proses kimiawi.

2. Aspal Minyak

Setiap minyak bumi yang menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *parafin base crude oil* yang banyak mengandung parafin atau *mix base crude* yang banyak mengandung campuran antara parafin dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*. Jika di lihat bentuknya pada temperatur ruang, aspal minyak di bedakan atas:

a. Aspal padat

Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan. Aspal padat dikenal dengan nama semen aspal (*asphalt cement*).

b. Aspal cair

Aspal cair (*cutback asphalt*) yaitu aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, atau solar.

c. Aspal emulsi

Aspal emulsi (*emulsified asphalt*) adalah suatu campuran aspal dengan air atau bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi ini lebih cair daripada aspal cair. Di dalam aspal emulsi, butir-butir aspal larut dalam air. Untuk menghindari butiran aspal saling menarik membentuk butir-butir yang lebih besar maka butiran tersebut diberi muatan listrik.

2.6.2 Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Pemeriksaan aspal perlu dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan kimiawi aspal. Secara garis besar sesuai tujuannya pemeriksaan aspal dapat dikelompokkan menjadi 6 bagian pengujian, antara lain:

1. Pengujian untuk menentukan komposisi aspal.
2. Pengujian untuk mendapatkan data yang berguna bagi keselamatan bekerja.
3. Pengujian konsistensi aspal.
4. Pengujian durabilitas aspal.
5. Pengujian kemampuan aspal untuk mengikat agregat.
6. Pengujian berat jenis aspal yang dibutuhkan untuk merencanakan campuran aspal dengan agregat.

Dari pengelompokan tersebut maka dapat dilakukan beberapa pemeriksaan karakteristik aspal antara lain adalah sebagai berikut:

1. Berat Jenis Aspal

Salah satu jenis pengujian yang terdapat dalam persyaratan mutu aspal adalah berat jenis. Selain untuk memenuhi persyaratan aspal, berat jenis juga diperlukan pada saat pelaksanaan untuk konversi dari berat ke volume atau sebaliknya. Pengujian berat jenis aspal dilakukan dengan cara membandingkan massa suatu bahan dengan massa air pada isi dan temperatur yang sama.

2. Penetrasi Aspal

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk mengetahui kekerasan pada aspal yang mengacu dari kedalaman masuknya jarum penetrasi secara vertikal yang dinyatakan dalam satuan 0,1 mm pada kondisi beban, waktu dan temperatur yang diketahui.

3. Daktilitas Aspal

Daktilitas aspal adalah sifat pemuluran aspal yang diukur pada saat putus. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat kohesi dan plastisitas aspal dengan cara memasukkan benda uji ke dalam bak perendam selama 85 menit sampai dengan 95 menit, lepaskan benda uji dari pelat dasar dan langsung pasang ke mesin uji dengan cara memasukkan lubang cetakan ke pemegang di mesin lalu jalankan mesin dan ukur pemuluran benda uji pada saat putus.

4. Titik Lembek Aspal

Pengujian titik lembek dengan alat cincin dan bola bertujuan untuk menentukan angka titik lembek yang berkisar dari 30°C sampai dengan 157°C.

5. Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

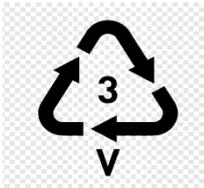
Pengujian titik nyala dan titik bakar aspal ini bertujuan untuk mengetahui temperatur dimana aspal mulai menyala dan temperatur dimana aspal mulai terbakar. Informasi ini sangat penting diperlukan serta dibutuhkan untuk proses pencampuran demi keselamatan dalam bekerja.

2.7 Plastik

Plastik adalah bahan yang sangat serbaguna dan banyak digunakan untuk keperluan sehari-hari. Saat ini plastik menjadi bahan baku yang lebih murah dan efektif. Setiap sektor dari kehidupan manusia banyak menggunakan plastik mulai dari kemasan, mobil, elektronik, listrik, konstruksi bangunan, komunikasi, dll. Plastik bersifat *non-biodegradable* sehingga limbah plastik tidak dapat terdegradasi selama 4500 tahun. Akibatnya lingkungan menjadi tercemar apabila

limbah plastik tersebut tidak ditangani secara benar. Salah satu modifier yang banyak digunakan untuk meningkatkan kualitas campuran beraspal adalah polimer. Sementara plastik merupakan bahan yang mengandung senyawa polimer. Sehingga limbah plastik berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan tambah pada campuran beraspal. Adapun jenis-jenis kode plastik yang dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Jenis-jenis kode plastik

Jenis Polimer	Kode	Sifat	Penggunaan
<i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET atau PETE)		Jernih, kuat, tahan pelarut, kedap gas dan air, melunak pada suhu 80 °C	Botol minuman, minyak goreng, selai <i>peanut butter</i> , kecap dan sambal, <i>try biscuit</i>
<i>High Density Polyethylene</i> (HDPE)		Keras hingga semi fleksibel, tahan terhadap bahan kimia dan kelembaban, permeabel terhadap gas, permukaan berlilin (<i>waxy</i>), buram (<i>opaque</i>), mudah diwarnai, diproses dan dibentuk, melunak pada suhu 75 °C	Botol susu cair dan <i>juice</i> , tutup plastik, kantong belanja dan wadah es krim
<i>Polyvinyl Chloride</i> (PVC atau V)		Kuat, keras, bisa jernih, bentuk bisa diubah dengan pelarut, melunak pada suhu 80 °C	Botol <i>juice</i> , air mineral, minyak sayur, kecap sambal, pembungkus makanan

<p><i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE)</p>		<p>Mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, permukaan berkilin, tidak jernih tapi tembus cahaya, melunak pada suhu 70 °C</p>	<p><i>Pot yoghurt,</i> kantong belanja (kresek), kantong roti dan makanan segar, botol yang dapat ditekan</p>
<p><i>Polypropylene</i> (PP)</p>		<p>Keras tapi fleksibel, kuat, permukaan berkilin, tidak jernih tapi tembus cahaya, tahan terhadap bahan kimia, panas dan minyak, melunak pada suhu 140°C</p>	<p>Pembungkus biskuit, kantong <i>chips</i> kentang, <i>krat sereal</i>, pita perekat kemasan dan sedotan</p>
<p><i>Polystyrene</i> (PS)</p>		<p>Jernih seperti kaca, kaku, getas, buram, terpengaruh lemak dan pelarut, mudah dibentuk, melunak pada suhu 95°C</p>	<p>Wadah makanan beku, sendok dan garpu</p>
<p>Polistiren Busa (<i>EPS- 'Stryofoam'</i>)</p>		<p>Bentuk busa, ringan, getas, kaku, biasanya berwarna putih</p>	<p>Wadah makanan siap saji dan cup kopi</p>
<p><i>Other – Lainnya</i> (Misalnya Polikarbonat)</p>		<p>Keras, jernih, tahan panas</p>	<p>Galon air mineral, botol susu bayi</p>

<i>Melamin- Formaldehid (MF)</i>	Tidak dapat didaur ulang (Termoset)	Keras, kuat, mudah diwarnai, bebas rasa dan bau, tahan terhadap pelarut dan noda, kurang tahan terhadap asam dan alkali	Peralatan makan: gelas mangkok sendok dan piring
--	-------------------------------------	---	--

(Sumber : Badan Pengawas Obat dan Minuman, 2016).

Salah satu peneliti yang mengembangkan limbah plastik untuk memodifikasi campuran beraspal adalah Prof. Vasudevan dari India. Penelitiannya telah menunjukkan hasil yang baik dimana dengan penambahan limbah plastik akan meningkatkan kualitas campuran beraspal. Keuntungan yang dapat diperoleh dengan menggunakan limbah plastik sebagai bahan tambah pada campuran beraspal antara lain:

1. Kemampuan untuk menahan deformasi yang lebih tinggi
2. Ketahanan terhadap keurasakan jalan yang diakibatkan oleh air
3. Meningkatkan durabilitas dan umur lelah
4. Meningkatkan stabilitas dan kekuatan

Menurut (Zoorob S.E., 2000), dalam pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan perkerasan jalan, pencampuran plastik untuk menaikkan kinerja campuran beraspal dilakukan dengan 2 (dua) cara, yaitu :

1. Cara Basah (*Wet Process*)

Cara basah (wet process) adalah suatu cara pencampuran dimana limbah plastik digunakan sebagai bahan tambah untuk memodifikasi aspal sehingga kualitas aspalnya menjadi lebih baik, dimana plastik dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai menjadi homogen.

2. Cara Kering (*Dry Process*)

Cara kering (dry process) adalah suatu cara pencampuran dimana plastik digunakan sebagai bahan modifikasi agregat, dimana plastik dimasukkan ke dalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran, kemudian ditambahkan aspal panas.

2.8 Beton Aspal Campuran Panas (*Hot Mix*)

Menurut Silvia Sukirman (1999), aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya, maka kedua material harus dipanaskan dulu sebelum diicampur. Karena dicampur dalam keadaan panas maka sering kali disebut sebagai *hotmix*. Pekerjaan pencampuran dilakukan di pabrik pencampur, kemudian dibawa ke lokasi dan dihampar dengan mempergunakan alat penghampar sehingga diperoleh lapisan lepas yang seragam dan merata untuk selanjutnya dipadatkan dengan mesin pemadat dan akhirnya diperoleh lapisan padat aspal beton.

2.8.1 Karakteristik Beton Aspal

Menurut *Asphalt Institute MS-22*, suatu campuran aspal beton harus memiliki karakteristik campuran yang baik. Karakteristik tersebut meliputi stabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, daya tahan/durabilitas, kekesatan permukaan, kemudahan pekerjaan, kedap air, dan ketahanan terhadap kelelahan.

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

2. Durabilitas

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.

3. Fleksibilitas

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

5. Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*)

Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun *slip*. Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kekesatan jalan yaitu:

- a. Kekasaran permukaan dari butir-butir. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak hanya mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan
- b. Luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir

- c. Gradasi agregat
- d. Kepadatan campuran
- e. Tebal film aspal
- f. Ukuran maksimum butir agregat

6. Kedap air

Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*workability*)

Mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah :

- a. Viscositas aspal
- b. Kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur
- c. Gradasi dan kondisi agregat Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan.

2.8.2 Sifat Volumetrik Campuran Beton Aspal yang Telah Dipadatkan

Secara analitis dapat ditentukan sifat volumetrik dari beton aspal padat adalah sebagai berikut.

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

Berat jenis bulk beton aspal padat dapat diukur dengan menggunakan hukum *Archimedes*, yaitu:

$$G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} - B_a}$$

Dimana:

G_{mb} : Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat.

B_k : Berat kering beton aspal padat (gram).

B_{ssd} : Berat kering permukaan dari beton aspal yang telah dipadatkan (gram).

B_a : Berat beton aspal padat di dalam air (gram).

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

Berat jenis maksimum dari campuran beton aspal yang belum dipadatkan adalah berat jenis campuran beton aspal tanpa pori/udara, yang diperoleh dari pemeriksaan di laboratorium mengikuti prosedur.

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_a}{G_a}}$$

Dimana:

G_{mm} : Berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan.

P_a : Kadar aspal terhadap berat beton aspal padat (%).

P_s : Kadar agregat terhadap berat beton aspal padat (%).

G_a : Berat jenis aspal.

G_{se} : Berat jenis efektif dari agregat pembentuk beton aspal padat.

3. Volume Pori Dalam Agregat Campuran (VMA)

Volume pori dalam agregat campuran/VMA (*Void in Mineral Aggregate*) adalah banyaknya pori di antara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat dan dinyatakan dalam persentase. Untuk komposisi campuran ditentukan sebagai persentase dari berat beton aspal padat.

$$\text{VMA} = \left(100 - \frac{G_{mb} - P_s}{G_{sb}} \right) \% \text{ dari volume bulk beton aspal padat}$$

Dimana:

VMA : Volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat dari volume *bulk* beton aspal padat.

G_{mb} : Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat.

P_s : Kadar agregat terhadap berat beton aspal padat (%).

G_a : Berat jenis aspal.

G_{sb} : Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat.

4. Volume Pori Dalam Beton Aspal Padat (VIM)

Banyaknya pori yang berada dalam beton aspal padat/VIM (*Void In Mix*) adalah banyaknya pori di antara butir-butir agregat yang diselimuti aspal. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat.

$$\text{VIM} = \left(100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \% \text{ dari volume bulk beton aspal padat}$$

Dimana:

VIM : Volume pori dalam beton aspal padat dari volume *bulk* beton aspal padat (%).

G_{mb} : Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat.

G_{mm} : Berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan.

5. Volume Pori Antara Butir Agregat Terisi Aspal (VFA)

Banyaknya pori-pori antara butir agregat terisi aspal (VMA) di dalam beton aspal padat yang terisi oleh aspal dinyatakan sebagai VMA. Persentase pori antara butir agregat yang terisi aspal dinamakan VFA (*Void in Filled with Asphalt*). Jadi, VFA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalam aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Dengan demikian aspal yang mengisi VFA adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di

dalam beton aspal padat, atau dengan kata lain VFA inilah yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal.

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

Dimana:

VFA : Volume pori antar butir agregat yang terisi aspal dari VMA (%).

VMA : Volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat dari volume *bulk* beton aspal padat.

VIM : Volume pori dalam beton aspal padat dari volume *bulk* beton aspal padat (%).

6. Kadar Aspal yang Terabsorbsi ke Dalam Pori Agregat (P_{ab})

Aspal yang terdapat dalam beton aspal padat berfungsi sebagai penyelimut butir-butir agregat dan pengisi pori didalam masing-masing butir agregat. Dengan jumlah aspal dalam campuran beton aspal yang sama banyak, maka selimut aspal lebih tipis akan terjadi pada campuran dengan agregat yang memiliki pori-pori lebih banyak dapat mengabsorbsi aspal. Sebaliknya, jika yang terabsorbsi sedikit maka selimut aspal akan tebal, durabilitas beton aspal lebih baik, tetapi kemungkinan terjadi *bleeding* akan menjadi besar.

$$P_{ab} = 100 \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \times G_{se}} G_a \% \text{ dari berat agregat}$$

Dimana:

P_{ab} : Kadar aspal yang terabsorbsi ke dalam pori butir agregat dari berat agregat (%).

G_{sb} : Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat.

G_{se} : Berat jenis efektif dari agregat pembentuk beton aspal padat.

G_a : Berat jenis aspal.

7. Kadar Aspal Efektif yang Menyelimuti Agregat (P_{ae})

Banyaknya aspal yang berfungsi menyelimuti permukaan setiap butir agregat adalah jumlah aspal yang dimasukkan ke dalam campuran beton aspal dikurang dengan bagian yang terabsorbsi ke dalam pori setiap butir agregat. Kadar aspal ini disebut kadar aspal efektif (P_{ae}), yang dinyatakan sebagai persentase terhadap berat beton aspal padat.

$$P_{ae} = P_a - \frac{P_{ab}}{100} P_s \text{ \% dari berat beton aspal padat}$$

Dimana:

P_{ae} : Kadar aspal efektif yang menyelimuti butir-butir agregat terhadap berat beton aspal padat (%).

P_a : Kadar aspal terhadap berat beton aspal padat (%).

P_s : Kadar agregat terhadap berat beton aspal padat(%).

P_{ab} : Kadar aspal yang terabsorbsi ke dalam pori butir agregat dari berat agregat (%).

8. Tebal selimut atau Film Aspal

Banyaknya aspal yang berfungsi menyelimuti permukaan setiap butir agregat dinyatakan dengan kadar aspal efektif. Semakin tinggi kadar aspal efektif semakin tebal selimut atau film aspal pada masing-masing butir agregat. Tebal selimut atau film aspal ini sangat ditentukan oleh luas permukaan seluruh butir-butir agregat pembentuk beton aspal.

$$\text{Tebal selimut aspal} = \frac{P_{ae}}{G_a} \times \frac{1}{LP \times P_s} \times 1000 \mu m$$

Dimana:

P_{ae} : Kadar aspal efektif yang menyelimuti butir-butir agregat terhadap berat beton aspal padat (%).

G_a : Berat jenis aspal.

P_s : Kadar agregat terhadap berat beton aspal padat (%).

LP : Luas permukaan total dari agregat campuran di dalam beton aspal padat.

9. 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 fraksi agregat mempunyai berat jenis yang berbeda, sehingga untuk menghitung berat beton aspal padat dibutuhkan berat jenis agregat campuran.

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \frac{P_3}{G_3} + \dots + \frac{P_n}{G_n}}$$

Dimana:

G_{sb} : Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat.

P_n : Persentase berat masing-masing fraksi terhadap berat total agregat campuran.

G_n : Berat jenis *bulk* agregat campuran.

10. Berat Jenis Efektif Agregat Campuran (G_{se})

$$G_{se} = \frac{100 - P_a}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_a}{G_a}}$$

Dimana:

G_{se} : Berat jenis efektif dari agregat pembentuk beton aspal padat.

P_n : Persentase berat masing-masing fraksi terhadap berat total agregat campuran.

G_n : Berat jenis *bulk* agregat campuran.

2.8.3 Persyaratan Campuran Beton Aspal

Aspal yang digunakan untuk campuran beton aspal haruslah memenuhi persyaratan seperti yang diberikan dalam spesifikasi pekerjaan. Berikut adalah persyaratannya:

Tabel 2.4 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Aspal

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	AC-BASE
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3		
	Maks	5		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60 C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min	2		

(Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan 2018)

2.9 Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi merupakan aspal keras yang ditambahkan dengan suatu bahan tambah yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja aspal yang diinginkan. Awal mula diperkenalkan aspal modifikasi di luar negeri dengan maksud mencegah retak pada waktu musim dingin berlangsung serta dilakukan modifikasi untuk mencegah terjadinya pelunakan aspal beton akibat panas permukaan jalan di negara dengan musim panas yang ekstrim. Cara yang memodifikasi aspal yang paling sering digunakan adalah dengan pemakaian aditif terhadap campuran aspal.

Pemakaian aditif terhadap campuran aspal dapat menaikkan titik lembek aspal, namun seiring dengan itu terjadi penurunan terhadap angka penetrasi aspal. Sehingga perlunya pembatasan terhadap pemakaian aditif agar kualitas aspal sesuai dengan ketentuan, yaitu angka penetrasi minimal 40 dan titik lembek minimal 54°C. Salah satu contoh aspal modifikasi adalah aspal yang dimodifikasi dengan penambahan polimer.

Penambahan bahan aditif jenis polimer dalam jumlah kecil ke dalam aspal terbukti dapat meningkatkan kinerja aspal dan memperpanjang umur kekuatan/masa layan perkerasan tersebut (Sengoz dan Isikyakar, 2008). Polimer juga dapat meningkatkan daya tahan perkerasan terhadap berbagai kerusakan, seperti deformasi permanen, retak akibat perubahan suhu, *fatigue damage* serta pemisahan/pelepasan material (Yildirim, 2007).

Tabel 2.5 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Aspal Modifikasi

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	AC-BASE
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min	1,0		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3		
	Maks	5		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	1000		2250
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60 C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min	2		
Stabilitas dinamis, lintasan/mm	Min	2500		

(Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan 2018)

2.10 Pengujian Marshall

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall yang dikembangkan pertama kali oleh *Burce Marshall* dan dilanjutkan oleh *U.S. Corps Engineer*. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (=5000lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, sedangkan *flowmeter* digunakan untuk mengukur kelelehan plastis atau *flow*. Benda uji untuk pengujian Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (=6,35 cm). Secara garis besar pengujian Marshall meliputi sebagai berikut:

1. Persiapan benda uji.
2. Penentuan berat jenis *bulk* dari benda uji.
3. Pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*.
4. Perhitungan sifat volumetrik benda uji.