

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian Sebelumnya

Studi terdahulu yang pernah dilakukan mengenai penggunaan batu kapur sebagai bahan tambah untuk campuran aspal beton telah dilakukan oleh M. Agus Ariawan (2007), dalam penelitiannya terhadap penggunaan batu kapur sebagai filler pada campuran (AC – BC) dengan metode PRD, menyimpulkan bila dibandingkan dengan spesifikasi campuran beraspal panas maka batu kapur dapat digunakan sebagai alternatif bahan pengisi filler dalam campuran (AC – BC).

Andri, dkk (2012), dalam penelitiannya terhadap penggunaan kapur sebagai filler untuk campuran (AC – WC), Penggunaan variasi kapur yang lebih besar akan mempengaruhi nilai KAO dari parameter marshal.

Risman, dalam jurnal penelitiannya terhadap analisa Stabilitas campuran aspal beton dengan batu kapur purwodadi sebagai agregat campuran menyimpulkan, batu kapur purwodadi mempunyai kekerasan hampir sama dengan keausan batu pecah rata-rata

Menurut Surkirman, Silvia (1999), dalam bukunya perkerasan lentur jalan raya, mengatakan dalam pembuatan jalan baru, peningkatan maupun pemeliharaan jalan di Indonesia kebanyakan menggunakan campuran aspal beton . Campuran ini terdiri dari aspal, Agregat, dan material pengisi.

2.2 Jenis Perkerasan

Pada umumnya pengklasifikasian konstruksi perkerasan jalan dapat digolongkan menjadi tiga bagian yaitu, (*Silvia Sukirman, 1999*) :

2.2.1 Konstruksi Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) adalah sistem perkerasan dimana konstruksinya terdiri dari beberapa lapisan. Tiap-tiap lapisan perkerasan pada umumnya menggunakan bahan maupun persyaratan yang berbeda sesuai dengan fungsinya yaitu, untuk menyebarkan beban roda kendaraan sedemikian rupa sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar dalam batas daya dukungnya.

Umumnya bagian-bagian lapisan perkerasan tersebut terdiri dari:

- a. Tanah dasar (*Subgrade*)
- b. Lapisan pondasi bawah (*Subbase Course*)
- c. Lapisan pondasi atas (*Base Course*)
- d. Lapisan permukaan (*Surface Course*)

2.2.2 Konstruksi Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku merupakan struktur yang terdiri dari plat beton semen bersambung dengan tulangan yang terletak diatas pondasi bawah dengan atau tanpa pengaspalan sebagai lapis aus.

Untuk dapat mempunyai fungsi yang baik, perkerasan kaku harus :

- a. Direncanakan dan dibangun sedemikian rupa sehingga mampu mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan kekuatan tanah dasar, dan pengaruh cuaca, serta kondisi lingkungan.
- b. Mereduksi tegangan yang terjadi pada tanah dasar (sebagai akibat beban lalu lintas) sampai batas-batas yang masih mampu dipikul tanah dasar tersebut, tanpa menimbulkan pembebanan lendutan atau penurunan yang dapat merusak perkerasan sendiri.

2.2.3 Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Merupakan perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

2.3 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan pada suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak atau cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori – pori yang ada pada penyemprotan atau penyiraman pada perkerasan macadam ataupun pelaburan. Jika temperatur turun aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis).

Perkerasan macadam adalah konstruksi perkerasan yang terdiri dari batu pecah atau batu kali, konstruksi perkerasan ini diperkenalkan oleh *John Loudon Mac Adam* (1756 – 1836). (Sukirman. S, 1992).

2.4 Jenis – Jenis Aspal

- a. Aspal Keras (asphalt cement), adalah suatu jenis aspal yang didapat dari residu hasil destilasi minyak bumi pada pada keadaan hampa udara. Aspal keras dapat dibedakan berdasarkan nilai penetrasi, yaitu :
 - AC 40/50, yaitu AC dengan penetrasi antara 40 – 50
 - AC 60/70, yaitu AC dengan penetrasi antara 60 – 70
 - AC 80/100, yaitu AC dengan penetrasi antara 80 – 100
 - AC 120/150, yaitu AC dengan penetrasi antara 120 – 150
 - AC 200/300, yaitu AC dengan penetrasi antara 200 – 300
- b. Aspal Cair (Cut Back Asphalt), merupakan suatu campuran semen dengan bahan pencair hasil destilasi minyak bumi yang pada suhu norma dan tekan atmosfer berbentuk cair.
- c. Aspal Emulsi (Emulsified Asphalt), merupakan suatu campuran aspal dan air dengan menambahkan satu bahan pengemulsi tertentu sehingga air dan aspal dapat tercampur menjadi satu.

2.5 Sifat – Sifat Aspal

Silvia Sukirman, (1999) menyebutkan bahwa aspal atau dalam istilah baku asphaltic bitumen, terdiri dari unsur carbon (C), sebagai komponen utama $\pm 80\%$ dalam keadaan koloid disebut asphaltene bercampur dalam cairan yang disebut maltene, hidrogen (H) $\pm 10\%$ sisanya unsur sulfur (S), membentuk berbagai persenyawaan hidrokarbon. Aspal dihasilkan dari minyak bumi melalui proses residu oil. Bahan bensin, solar, minyak tanah merupakan hasil destilasi pada temperatur yang berbeda

2.6 Bahan Pengisi (Filler)

Bahan pengisi atau filler adalah kumpulan mineral agregat yang lolos saringan No. 200 minimal 75% terhadap beratnya yang digunakan untuk mengisi rongga diantara partikel agregat kasar, mengurangi besarnya rongga dan meningkatkan kerapatan dan stabilitas masa tersebut. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lainnya yang mengganggu, bila dilakukan pemeriksaan analisa saringan secara basah, semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan harus dalam rentang 1 – 2% dari berat total agregat.

Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri dari atas :

- Debu batu kapur atau debu kapur padam yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2006)
- Semen atau mineral yang berasal dari Asbuton

Sumber : Spesifikasi PU. 2010 (Revisi 2)

2.7 Batu Kapur

Batu Kapur adalah sebuah batuan sedimen terdiri dari tiga kelompok utama batuan , batuan beku dan batuan metamorfosis yang terbentuk melalui tiga cara utama : (pelapukan, pengendapan deposition karna aktivitas biogenik dan pengendapan precipitation dari larutan. Jenis umum seperti batu kapur, batu pasir, dan lempung Sumber utama dari endapan. Batuan endapan meliputi 75% dari permukaan bumi. Batuan sedimen (batuan endapan) adalah batuan yang terjadi akibat pengendapan materi hasil erosi. Sekitar 80% permukaan benua

tertutup oleh batuan sedimen. Materi hasil erosi terdiri atas berbagai jenis partikel yaitu ada yang halus, kasar, berat dan ada juga yang ringan. Cara pengangkutannya pun bermacam-macam seperti terdorong (traction), terbawa secara melompat-lompat (saltation), terbawa dalam bentuk suspensi, dan ada pula yang larut (solution). Klasifikasi lebih lanjut seperti berikut:

- Berdasarkan proses pengendapannya
 - batuan sedimen klastik (dari pecahan pecahan batuan sebelumnya)
 - batuan sedimen kimiawi (dari proses kimia)
 - batuan sedimen organik (pengendapan dari bahan organik)

- Berdasarkan tenaga alam yang mengangkut
 - batuan sedimen aerik (udara)
 - batuan sedimen aquatik (air sungai)
 - batuan sedimen marin (laut)
 - batuan sedimen glastik (gletser)

- Berdasarkan tempat endapannya
 - batuan sedimen limnik (rawa)
 - batuan sedimen fluvial (sungai)
 - batuan sedimen marine (laut)
 - batuan sedimen teistik (darat)

Penamaan batuan sedimen biasanya berdasarkan besar butir penyusun batuan tersebut. Penamaan tersebut adalah: breksi, konglomerat, batupasir, batulanau, batulempung.

- Breksi adalah batuan sedimen dengan ukuran butir lebih besar dari 2 mm dengan bentuk butiran yang bersudut
- Konglomerat adalah batuan sedimen dengan ukuran butir lebih besar dari 2 mm dengan bentuk butiran yang membulat

- Batu pasir adalah batuan sedimen dengan ukuran butir antara 2 mm sampai 1/16 mm
- Batu lanau adalah batuan sedimen dengan ukuran butir antara 1/16 mm sampai 1/256 mm
- Batu lempung adalah batuan sedimen dengan ukuran butir lebih kecil dari 1/256 mm

Sumber "http://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Batuan_sedimen&oldid=7113259"

2.8 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butiran – butiran batu pecah, krikil, pasir atau komposisi mineral lainnya, baik berupa hasil alam (*natural aggregate*), dengan pengolahan (*manufactured aggregate*) maupun buatan (*synthetic aggregate*). Untuk menentukan pemilihan jenis agregat yang cocok digunakan pada lapis perkerasan jalan raya ada beberapa faktor, yaitu ukuran agregat dan gradasinya, kekuatan dan kekerasan, bentuk partikel, tekstur permukaan dan porositas, kelekatan (*adhesi*) terhadap aspal agregat yang akan digunakan dalam pekerjaan harus sedemikian rupa, agar aspal yang proporsinya dibuat sesuai dengan rumusan campuran kerja akan memiliki kekuatan sisa yang tidak kurang dari 75% bila diuji untuk hilangnya kohesi akibat pengatuh air sesuai dengan AASHTO T 165-77 dan T 245-78.

2.8.1 Agregat Kasar

Agregat yang digunakan berupa batu pecah atau krikil pecah atau campuran yang memadai dengan persyaratan sebagai berikut :

- Keausan agregat yang diperiksa dengan mesin *Los Angeles* harus mempunyai nilai maksimum 40%
- Kelekatan terhadap aspal harus lebih besar dari 95%
- Indeks kepipihan agregat maksimum 25%
- Peresapan agregat terhadap air maksimum 3%
- Berat jenis semu (apparent) agregat minimum 2,5

- Gumpalan lempung agregat maksimum 0,25%

2.8.2 Agregat Halus

Agregat halus terdiri dari pasir bersih, bahan dari hasil pemecahan batu.

Agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Batas – Batas Gradasi Campuran Aspal Beton (LASTON)

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran												
	Latasir (SS)		Lataston (HRS)				Laston (AC)						
	Kelas A	Kelas B	Gradasi Senjang ³		Gradasi Semi Senjang ²		Gradasi Halus			Gradasi Kasar ¹			
			WC	Base	WC	Base	WC	BC	Base	WC	BC	Base	
37,5										100			100
25								100	90 - 100			100	90 - 100
19	100	100	100	100	100	100	100	90 - 100	73 - 90	100	90 - 100	73 - 90	73 - 90
12,5			90 - 100	90 - 100	87 - 100	90 - 100	90 - 100	74 - 90	61 - 79	90 - 100	71 - 90	55 - 76	55 - 76
9,5	90 - 100		75 - 85	65 - 90	55 - 88	55 - 70	72 - 90	64 - 82	47 - 67	72 - 90	58 - 80	45 - 66	45 - 66
4,75							54 - 69	47 - 64	39,5 - 50	43 - 63	37 - 56	28 - 39,5	28 - 39,5
2,36		75 - 100	50 - 72 ³	35 - 55 ³	50 - 62	32 - 44	39,1 - 53	34,6 - 49	30,8 - 37	28 - 39,1	23 - 34,6	19 - 26,8	19 - 26,8
1,18							31,6 - 40	28,3 - 38	24,1 - 28	19 - 25,6	15 - 22,3	12 - 18,1	12 - 18,1
0,600			35 - 60	15 - 35	20 - 45	15 - 35	23,1 - 30	20,7 - 28	17,6 - 22	13 - 19,1	10 - 16,7	7 - 13,6	7 - 13,6
0,300					15 - 35	5 - 35	15,5 - 22	13,7 - 20	11,4 - 16	9 - 15,5	7 - 13,7	5 - 11,4	5 - 11,4
0,150							9 - 15	4 - 13	4 - 10	6 - 13	5 - 11	4,5 - 9	4,5 - 9
0,075	10 - 15	8 - 13	6 - 10	2 - 9	6 - 10	4 - 8	4 - 10	4 - 8	3 - 6	4 - 10	4 - 8	3 - 7	3 - 7

Sumber : Spesifikasi Umums PU Bina Marga, 2010

Agrgeat halus yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari (*stone crusher lahat*).

2.9 Lapis Aspal Beton (LASTON)

Lapisan Aspal Beton (LASTON) adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai sifat nilai struktural. Campuran ini terdiri dari agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, diamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Lapis Aspal Beton memiliki tiga jenis campuran, yaitu laston aus 1 (untuk lapis permukaan) mempunyai ukuran butir agregat maksimum 25,4 mm, laston aus 2 (untuk lapis perata atau laston atas) mempunyai ukuran agregat maksimum 19,0 mm dan laston pondasi (untuk laston bawah) mempunyai ukuran agregat maksimum 37,5 mm.

2.10 Persyaratan Sifat Campuran

Tabel 2.2 Persyaratan Sifat campuran

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

Sumber : Speksifikasi Umum PU Bina Marga, 2010

2.11 Karakteristik Campuran Beton Aspal (Asphaltic Concret/AC)

Persyaratan utama yang harus dimiliki oleh campuran aspal dan agregat harus mempunyai karakteristik campuran aspal beton campuran panas, yaitu :

1. Stabilitas (Stability), yang dinyatakan dalam kg

Stabilitas (Stability) yaitu merupakan kemampuan lapisan perkerasan pada saat menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur atau bleeding. Kebutuhan stabilitas dipengaruhi dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan melintas jalan tersebut.

Stabilitas campuran aspal umumnya terjadi dari hasil gesekan serta saling kunci butiran agregat dan daya ikat yang baik dari bitumen. Gesekan antara butiran dipengaruhi oleh karakteristik agregat seperti bentuk dan tekstur permukaan yang pada umumnya berbentuk kotak/kubus bentuk butiran agregat dan makin kasar permukaannya akan semakin besar stabilitas yang akan terjadi.

Tetapi juga harus memperhatikan sifat-sifat yang lain seperti rongga campuran, kelelahan (flow) dan berat isi campuran. Stabilitas pada campuran yang tinggi akan menyebabkan lapisan menjadi kaku dan getas sehingga akan mengalami keretakan yang cepat ketika menerima beban yang berat. Stabilitas yang kurang memadai dan campuran mempunyai beberapa sebab yaitu :

- Kelebihan bitumen pada campuran membuat terlalu tebalnya penyelimutan butiran terhadap butiran agregat sehingga mengakibatkan hilangnya gaya gesek antara partikel satu dengan partikel yang lainnya. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya bleeding dan alur konstruksi perkerasan di lapangan.
- Tekstur pada permukaan agregat yang halus akan menyebabkan rendahnya tingkat gesekan antara partikel agregat sehingga stabilitasnya akan rendah.
- Daya serap pada agregat terhadap aspal yang kecil akan menipiskan lapisan selimut aspal sehingga ikatannya mudah lepas dan menyebabkan stabilitasnya akan bekurang.

Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan :

- a. Agregat dengan gradasi yang rapat (dense graded)
- b. Agregat dengan permukaan yang kasar
- c. Agregat berbentuk kotak/kubus
- d. Aspal dengan penetrasi rendah
- e. Aspal dalam jumlah yang mencakupi untuk ikatan antar butir

2. Durabilitas (daya tahan),

Durabilitas (daya tahan) adalah kemampuan lapis keras untuk menahan terjadinya disintegrasi yang disebabkan pengaruh oksidasi dan penguapan (volatilisation). Kehancuran pada agregat dari mengelupasnya selaput aspal pada agregat faktor tersebut diakibatkan oleh pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat

gesekan dan roda kendaraan pada umumnya. Durabilitas campuran aspal dapat ditingkatkan dengan dua cara, yaitu :

- a. Pemakaian kadar bitumen optimum
- b. Merencanakan dan memadatkan campuran pada kondisi impermeabilitas maksimum

Kadar bitumen optimum menambah durabilitas campuran karena selimut aspal yang cukup akan menghambat lajunya proses pengerasan dan penyaringan bitumen yang cepat dibanding selimut bitumen yang tipis sehingga akan menyebabkan karakteristik bitumen yang akan bertahan lebih lama.

Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapisan aspal, yaitu :

- a. Selimut aspal, selimut aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi tinggi.
- b. VIM kecil, sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh atau getas.
- c. VMA besar, sehingga selimut aspal dapat dibuat tebal, VMA besar dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya bleeding besar. Untuk mencapai VMA yang besar dipergunakan agregat bergradasi senjang.

3. Fleksibilitas (sifat lentur)

Fleksibilitas merupakan kemampuan dari lapisan perkerasan untuk bisa menyesuaikan diri dengan lendutan atau perubahan bentuk lapis pondasi (base) dan tanah dasar (subgrade) tanpa mengalami perubahan, fleksibilitas (sifat lentur) juga merupakan kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa menimbulkan ratak dan perubahan volume. Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan :

- a. Penggunaan agregat bergradasi senjangm sehingga diperoleh VMA yang besar
- b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi)
- c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.

4. Ketahanan geser (skid resistense)

Ketahanan geser merupakan kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik pada waktu basah maupun waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dan ban kendaraan. Kekuatan tahan geser tinggi, yaitu :

- a. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi bleeding
- b. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar
- c. Penggunaan agregat dengan berbentuk kotak/kubus
- d. Penggunaan agregat kasar yang cukup.

5. Impermeabilitas (kedap air)

Impermeabilitas merupakan kemampuan permukaan perkerasan untuk menahan rembesan air kedalam permukaan sehingga memberikan perlindungan terhadap konstruksi pada lapisan bawah dengan pemadatan perkerasan yang baik serta rongga campuran memenuhi persyaratan akan membantu menjaga lapisan perkerasan menjadi kedap air.

6. Ketahanan kelelahan (fatigue resistence)

Ketahanan kelelahan merupakan ketahanan dan lapisan aspal beton dalam menerima beban yang berulang-ulang tanpa terjadi kelelahan yang berupa alur(ruting) dan retak. Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan, yaitu :

- a. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat

- b. VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.
7. Kemudahan pelaksanaan (workability)
- Kemudahan pelaksanaan yaitu merupakan mudahnya suatu campuran yang akan dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. Adapun faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah :
- a. Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan dan pada agregat bergradasi lain
 - b. Temperatur campuran, yang bisa mempengaruhi perkerasan bagi pengikat yang bersifat termoplasti
 - c. Kandungan bahan pengisi (filler) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar.

2.12 Pengujian Beton Aspal dengan alat Marshall

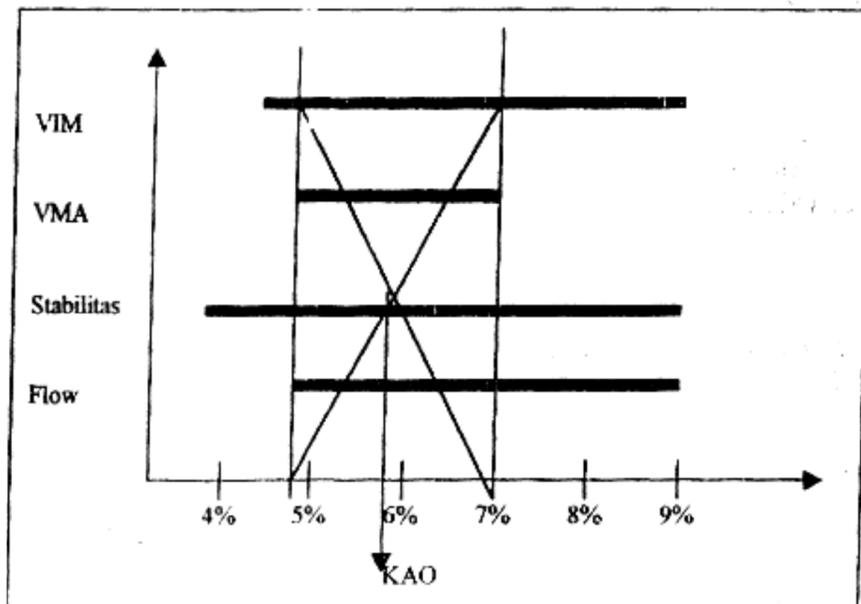
Kinerja dari campuran aspal panas beton dapat diukur dengan pengujian Marshall Test. Pengujian karakteristik campuran tersebut dapat mengukur parameter-parameter sebagai berikut :

- **Stabilitas (Stability), kg**
Kemampuan lapisan perkerasan untuk menahan beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan/deformasi permanen seperti gelombang, alur dan bleeding. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk butir, kualitas, tekstur permukaan dan gradasia agregat.
- **Flow (kelelehan), mm atau 0,01 inch**
Besarnya deformasi vertikal yang terjadi mulai awal pembebanan sampai kondisi stabilitas menurun, kelelehan dipengaruhi oleh temperatur pemadatan, kadar aspal, viscositas aspal, gradasi agregat dan temperatur pemadatan.

- **Kerapatan (Density), gram/cc**
Tingkat kerapatan campuran setelah campuran telah dipadatkan, nilai density ini digunakan untuk membandingkan nilai kepadatan rata-rata lapisan yang selesai dilaapangan dengan kepadatan dilaboratorium, kerapatan ini dipengaruhi dengan temperatur pamadatan,kualitas dan jenis agregat.
- **VFA (Voids Filler with Asphalt), %**
Persentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah proses pemadatan. Faktor yang mempengaruhi VFA adalah kadar aspal, gradasi agregat, jumlah tumbukan, temperatur pemadatan.
- **VIM (Voids in the Mix), %**
Prosentase rongga udara dalam campuran yang telah dipadatkan, nila VIM yang semakin tinggi menunjukkan semakin besarnya rongga udara dalam campuran, sehingga campuran bersifat porous. Hal ini dapat menyebabkan air dan udara dapat memasuki campuran dan mengakibatkan mudah menjadi oksidasi dan akan mengurangi keawetan campuran tersebut.
- **VMA (Voids in Mineral Aggregate), %**
Rongga udara yang berada diantara butiran agregat dalam campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal dan dinyatakan dalam rosen terhadap volume campuran agrgat asapl. Faktor yang mempengaruhi VMA atara lain struktur/distribusi target gradasi (jumlah fraksi agregat dalam campuran), ukuran diameter butiran terbesar, energi pemadatan, kadar aspal, tekstur permukaan, bentuk butiran dan serapan air oleh agregat.
- **Marshall Quotient (MQ)**
Perbandingan antara nilai stabilitas dengan nilai kelelahan (flow) dan digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan campuran, bila campuran aspal agregat mempunyai angka kelelahan rendah dan stabilitas tinggi maka campuran menunjukkan sifat kaku dan getas (brittle), dan sebaliknya jika nilai kelelahan tinggi dan stabilitasnya rendah campuran bersifat plastis.

2.13 Kadar Aspal Optimum (KAO)

Karena fungsinya yaitu sebagai perekat dan pengisi, maka jumlah aspal yang digunakan dalam campuran harus tepat atau optimum. Salah satu cara yang dipakai adalah metoda Asphalt Institute, yang didasarkan kepada hasil dan Marshall test. Sehingga kondisi aspal optimum yang ditentukan adalah kadar aspal dalam menahan beban hingga terjadi kelelahan plastis. Selain itu sebelumnya juga telah dihitung prosentase rongga dalam campuran maupun pada agregat. Karena hal tersebut juga diperhitungkan dalam menentukan KAO. Sebagai ilustrasi penentuan KAO pada suatu campuran sebagai berikut.



Gambar 2.1 Kadar Aspal Optimum (KAO)