

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Uraian Umum

Perkerasan jalan adalah suatu struktur berlapis yang terdiri dari campuran beberapa material yang fungsi utamanya adalah untuk mendistribusikan sekaligus mereduksi beban kendaraan ke lapisan tanah dasar agar tidak melebihi kapasitasnya. Salah satu jenis konstruksi perkerasan jalan adalah perkerasan lentur (*flexible pavement*) yang pada umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapisan permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan bawahnya (Departemen Pekerjaan Umum, 1987).

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

- a. Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Contohnya yaitu Laston (Lapis Aspal beton), Lataston (Lapis Atas Aspal Beton), Hot Rolled Asphalt (HRA), Hot Rolled Sheet (HRS), Split Mastic Asphalt (SMA). Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan–lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan–lapisan tersebut untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan bawahnya. Karena sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing–masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin kecil. Konstruksi perkerasan tersebut, antara lain :
 1. Lapis permukaan (*Wearing Course*)
 2. Laston lapis permukaan antara (*Binder course*)
 3. Lapis pondasi atas (*Base*)
 4. Lapis pondasi bawah (*Sub base*)
 5. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)
- b. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat

beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah.

- c. Konstruksi perkerasan komposit, yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya.

2.2. Material Perkerasan

Material dasar pembentuk lapisan perkerasan lentur jalan adalah aspal dan agregat. Aspal berfungsi sebagai material pengikat agregat sedangkan agregat merupakan material dengan komposisi terbesar dalam suatu lapisan perkerasan yang sifat butir-butir agregat dan gradasi agregatnya menentukan besarnya daya dukung dari suatu lapisan perkerasan. Selain aspal dan agregat, pengisi campuran aspal dan aditif juga merupakan material yang digunakan sebagai tambahan dalam campuran aspal yang berfungsi untuk meningkatkan kinerja perkerasan jalan lentur.

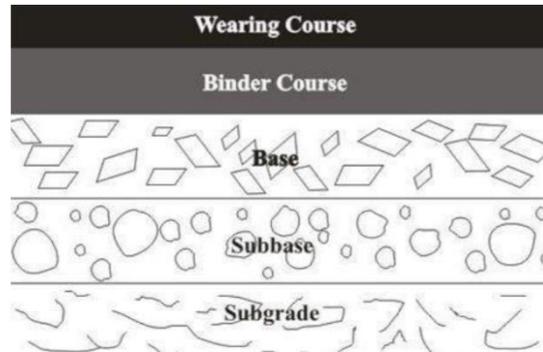
Pada perkerasan jalan lentur, kekakuan pada lapis perkerasan dilapisan bagian atas lebih besar dari kekakuan lapisan dibawahnya, dimana tekanan pada lapisan di permukaan lebih besar dari tekanan dilapisan dibawahnya.

2.2.1. Aspal

Aspal adalah suatu bahan bentuk padat atau setengah padat berwarna hitam sampai coklat gelap, bersifat perekat yang akan melembek dan meleleh bila dipanasi. Aspal tersusun terutama dari sebagian besar bitumen yang kesemuanya terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat dari alam atau hasil pemurnian minyak bumi, atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi.

Bitumen adalah suatu campuran dari senyawa hidrokarbon yang berasal dari alam atau dari suatu proses pemanasan, atau berasal dari kedua proses tersebut, kadang-kadang disertai dengan derivatnya yang bersifat non logam, yang dapat berbentuk gas, cairan, setengah padat atau padat, dan campuran tersebut dapat larut dalam

Karbondisulfida (CS₂). Aspal yang dipakai dalam konstruksi jalan mempunyai sifat fisik yang penting, kepekatan, ketahanan lama atau ketahanan terhadap pelapukan oleh karena cuaca, derajat pengerasan, dan ketahanan terhadap air.



Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Jalan Lentur
Sumber : Manual Perkerasan jalan No.04/SE/Db/2017

2.2.2. Sumber Aspal

Aspal yang dihasilkan dari industri kilang minyak mentah melalui proses destilasi. Proses penyulingan dilakukan dengan pemanasan hingga suhu 350°C di bawah tekanan atmosfer untuk memisahkan fraksi-fraksi minyak seperti *gasoline* (bensin), *kerosene* (minyak tanah) dan *gas oil*. Aspal mempunyai sifat *thixotropy*, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu. Semakin besar angka penetrasi aspal (semakin kecil tingkat konsistensi aspal) akan memberikan nilai modulus elastis aspal yang semakin kecil dalam tinjauan temperatur dan pembebanan yang sama. Terdapat bermacam – macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat aspal, antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70. Dibawah ini merupakan sifat-sifat standar untuk aspal.

Tabel 2.1 Standart Pengujian dan Persyaratan Aspal Pen. 60/70

No	Sifat-sifat	Metoda	Pen.60/70		Satuan
			Min	Max	
1	penetrasi (25°C,100 gr, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	60	79	0,1mm
2	titik lembek (<i>ring and ball test</i>)	SNI 06-2434-1991	48	58	°C
3	titik nyala(<i>cleveland open cup</i>)	SNI 06-2433-1991	200	0	°C
4	kehilangan berat (163°C,5 cm per menit)	SNI 06-2440-1991	-	0.8	% berat
5	Kelarutan (CCI4)	ASTM-D2042	99	-	% berat
6	Daktalitas (25 °C, 5 cm per menit)	SNI 06-2432-1991	100	-	cm
7	Berat jenis (25 °C)	SNI 06-2488-1991	1	-	gr/cm ³

Sumber : Standar Nasional Indonesia No. 1737- 1989- F

2.2.3. Sifat-Sifat Aspal

Aspal yang digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan pada umumnya berfungsi sebagai pengikat dan pengisi rongga udara antara agregat, oleh karena itu, aspal yang digunakan harus bersifat (Sukirman, 1999) sebagai berikut :

- a. Mempunyai Daya Tahan (*durability*)

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

campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan dan sebagainya.

b. Kohesi dan Adhesi

Kohesi merupakan kemampuan aspal untuk mengikat unsur-unsur penyusun dari dirinya sendiri sehingga terbentuknya aspal dengan daktilitas yang tinggi. Sedangkan adhesi menyatakan kemampuan aspal untuk berikatan dengan agregat dan tetap mempertahankan agregat pada tempatnya setelah berikatan.

c. Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses peleburan. Pada waktu proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi).

2.2.4. Jenis-Jenis Aspal

Aspal yang digunakan pada bahan konstruksi jalan mempunyai jenis aspal alam dan aspal buatan.

a. Aspal alam

Aspal alam ditemukan dipulau Buton (Sulawesi Tenggara Indonesia), Perancis, Swiss, dan Amerika Serikat.

b. Aspal buatan

Aspal buatan merupakan residu penyulingan minyak bumi, dengan karakteristiknya sangat bergantung dari jenis minyak bumi yang disuling (dikilang), apakah minyak bumi berbasis aspal (*asphaltic base*), parafin (*parafine base*) atau berbasis campuran (*mixes base*)

c. Aspal polimer

Aspal polimer adalah suatu material yang dihasilkan dari modifikasi antara polimer alam atau polimer sintetis dengan aspal. Modifikasi aspal polimer telah dikembangkan selama beberapa dekade terakhir.

Umumnya dengan sedikit penambahan bahan polimer (biasanya sekitar 2-6%) sudah dapat meningkatkan hasil ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi, mengatasi keretakan-keretakan dan meningkatkan ketahanan usang dari kerusakan akibat umur sehingga dihasilkan pembangunan jalan lebih tahan lama serta juga dapat mengurangi biaya perawatan atau perbaikan jalan. Bahan aditif aspal adalah suatu bahan yang dipakai untuk ditambahkan pada aspal. Penggunaan bahan aditif aspal merupakan bagian dari klasifikasi jenis aspal modifier yang berunsur dari jenis Botol plastik, Botol plastik sintesis atau buatan juga dari Botol plastik yang sudah diolah, dan juga dari bahan plastik. Penggunaan campuran polimer aspal merupakan trend yang semakin meningkat tidak hanya karena faktor ekonomi, tetapi juga demi mendapatkan kualitas aspal yang lebih baik dan tahan lama. Modifikasi polimer aspal yang diperoleh dari interaksi antara komponen aspal dengan bahan aditif polimer dapat meningkatkan sifat-sifat dari aspal tersebut. Dalam hal ini terlihat bahwa keterpaduan aditif polimer yang sesuai dengan campuran aspal. Penggunaan polimer sebagai bahan untuk memodifikasi aspal terus berkembang di dalam dekade terakhir.

2.3. Karakteristik Campuran Aspal

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran panas aspal adalah:

1. Stabilitas, yaitu kekuatan dari campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban tetap dan berulang tanpa mengalami keruntuhan. Untuk mendapat stabilitas yang tinggi diperlukan agregat bergradasi baik, rapat, dan mempunyai rongga antar butiran agregat (VMA) yang kecil. Tetapi akibat VMA yang kecil maka pemakaian aspal yang banyak akan menyebabkan terjadinya bleeding karena aspal tidak dapat menyelimuti agregat dengan baik.
2. Durabilitas atau ketahanan, yaitu ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh cuaca, air, perubahan suhu, maupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Untuk mencapai ketahanan yang tinggi diperlukan rongga dalam campuran (VIM) yang kecil, sebab dengan demikian udara tidak

(atau sedikit) masuk kedalam campuran yang dapat menyebabkan menjadi rapuh. Selain itu diperlukan juga VMA yang besar, sehingga aspal dapat menyelimuti agregat lebih baik.

3. Fleksibilitas atau kelenturan, yaitu kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi (perubahan) yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa mengalami retak. Untuk mencapai kelenturan yang tinggi diperlukan VMA yang besar, VIM yang kecil, dan pemakaian aspal dengan penetrasi tinggi.
4. Kekesatan, yaitu kemampuan perkerasan aspal memberikan permukaan yang cukup kesat sehingga kendaraan yang melaluinya tidak mengalami slip, baik diwaktu jalan basah maupun kering. Untuk mencapai kekesatan yang tinggi perlu pemakaian kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi bleeding, dan penggunaan agregat kasar yang cukup.
5. Ketahanan leleh, yaitu kemampuan aspal beton untuk mengalami beban berulang tanpa terjadi kelelahan berupa retak atau kerusakan alur.
6. Permeabilitas, yaitu kemudahan campuran aspal dirembesi udara dan air.
7. Workability, yaitu kemudahan campuran aspal untuk diolah. Faktor yang mempengaruhi workabilitas antara lain gradasi agregat, dimana agregat yang bergradasi baik lebih mudah dikerjakan.

2.4. Aspal Beton

Lapis aspal beton adalah lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan botol plastik sedangkan aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat untuk lapis aspal beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 40/50, 60/70 dan 80/100 yang seragam, tidak mengandung air bila dipanaskan sampai suhu 175°C, tidak berbusa dan memenuhi persyaratan yang ada. Pembuatan lapisan aspal beton

dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina Marga, 1987).

2.5. Agregat

Agregat adalah suatu bahan yang keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran berupa berbagai jenis butiran atau pecahan, termasuk didalamnya antara lain pasir, kerikil, maupun agregat pecah. Banyaknya presentase agregat dalam campuran aspal pada umumnya berkisar antara 90-95% terhadap total berat campuran atau 70-85% terhadap volume campuran aspal, sehingga baik buruknya campuran aspal tergantung pada kualitas dari agregat yang digunakan.

Tabel 2.2 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

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	100	90 - 100	73 - 90	100	90 - 100	73 - 90
12,5			90 - 100	90 - 100	87 - 100	90 - 100	90 - 100	74 - 90	61 - 79	90 - 100	71 - 90	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	
4,75							54 - 69	47 - 64	39,5 - 50	43 - 63	37 - 56	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	
1,18							31,6 - 40	28,3 - 38	24,1 - 28	19 - 25,6	15 - 22,3	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	
0,300					15 - 35	5 - 35	15,5 - 22	13,7 - 20	11,4 - 16	9 - 15,5	7 - 13,7	5 - 11,4	
0,150							9 - 15	4 - 13	4 - 10	6 - 13	5 - 11	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	

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 Divisi 6

Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran aspal dibagi menjadi dua yaitu :

1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no.4 (4,75 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai sifat *interlocking* yang baik dengan material yang lain.

Agregat kasar pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada. Ketentuan agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	<i>Natrium sulfat</i>		SNI 3407:2008	Maks. 12%
	<i>Magnesium sulfat</i>			Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC modifikasi	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar			SNI 7619:2012	95/90 ^{*)}
Partikel pipih dan lonjong			ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No.200			SNI 03-4142-1996	Maks. 2%

Catatan :

*) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 (Revisi 3)

2. Agregat Halus

Agregat halus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan no.4 (4,75 mm) dan tertahan saringan no.200 (0,075 mm). Agregat halus harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada. Ketentuan agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 (Revisi 3)

2.6. Botol Plastik

Dalam upaya meningkatkan kekuatan struktur perkerasan jalan disamping perlu adanya penggunaan campuran beraspal panas dengan pemilihan jenis material yang baik dapat pula dengan memodifikasi dengan menggunakan bahan tambahan sehingga diharapkan bisa meningkatkan kinerja campuran aspal. Salah satu bahan yang dapat digunakan yaitu Botol plastik yang berjenis PP (PolyPropylene) dengan cara dicacah ± 2 cm supaya mudah dileburkan dan tidak menggunakan saringan. Bahan ini memberikan banyak keuntungan dalam konstruksi perkerasan jalan, selain untuk bahan pengganti, dimana Botol plastik tersebut banyak dijumpai di Indonesia. Penambahan botol plastik ke dalam aspal dapat menurunkan kepekaan terhadap temperatur pada aspal seiring penambahan botol plastik. Penambahan ini juga meningkatkan ketahanan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh air karena saling mengunci (*interlocking*) antar agregat semakin baik.



Gambar 2.2 Cacahan Botol Plastik

2.7. Marshall Test

Pengujian *Marshall* adalah suatu metoda pengujian untuk mengukur stabilitas dan kelelahan plastis campuran beraspal dengan menggunakan alat Marshall. Konsep metode marsall untuk campuran lastón dirumuskan oleh Bruce Marshall dengan the Mississippi State Highway Department. Pertama kali pengujian harus dilakukan untuk meyakini bahwa :

1. Kualitas bahan yang digunakan harus memenuhi syarat spesifikasi bahan.
2. Kombinasi campuran agregat memenuhi persyaratan spesifikasi gradasi.

Kedua persyaratan diatas adalah persyaratan yang telah ditetapkan oleh Departement pekerjaan umum berdasarkan petunjuk lapis aspal beton untuk jalan raya. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan (*flow*) dari campuran aspal.

Pada dasarnya, untuk mengetahui kinerja dari campuran aspal yang digunakan pada campuran aspal yang digunakan pada struktur perkerasan jalan yaitu dengan menggunakan alat Marshall. Hasil dari pengujian tersebut antara lain :

1. Stabilitas (*stability*)
2. Kelelehan (*flow*)
3. Kerapatan (*density*)
4. Rongga dalam agregat (VMA)
5. Rongga dalam campuran (VIM)
6. Volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal (VFA)
7. Marshall Quotien (MQ)

2.8. Karakteristik Marshall

Karakteristik campuran aspal dapat diukur dari sifat-sifat Marshall yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut :

2.8.1. Stabilitas (*stability*)

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelehan plastis atau dengan arti lain yaitu kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat, dan kadar aspal dalam campuran.

Pemakaian aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal di atas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi

kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan.

Syarat nilai stabilitas adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan nilai stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami rutting, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah dicetak karena sifat perkerasan menjadi kaku. Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian Marshall. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi proving ring dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus (1) dibawah ini :

$$S = p \times q \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

2.8.2. Kelelahan (Flow)

Flow adalah besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat Marshall yang lain seperti stabilitas. VIM dan VFA, Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya interlocking resistance campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai VFA yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai flow dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Akan tetapi campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi

cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai flow. Syarat nilai flow adalah minimal 3 mm. Nilai flow yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai flow tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang (washboarding) dan alur (rutting).

2.8.3. Kerapatan (density)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai density suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai density dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan susun, faktor pemadatan dan jumlah pemadatan maupun temperature pemadatan, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan additive dalam campuran. Campuran dengan nilai density yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang dimiliki nilai density yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kontak yang luas sehingga gaya gesek (friction) antara butiran agregat menjadi besar. Selain itu density juga mempengaruhi kekedapan campuran, semakin besar nilai density campuran, maka campuran tersebut akan semakin kedap terhadap air dan udara. Nilai kepadatan/density dihitung dengan rumus (2) dan (3) dibawah ini :

$$g = c / f \dots\dots\dots (2)$$

$$f = d - e \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

g = Nilai kepadatan (gr/cc)

c = Berat kering / sebelum direndam (gr)

d = Berat benda uji jenuh air (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)

2.8.4. Rongga dalam campuran (VIM)

Void In The Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Air akan melarutkan komponen-komponen yang akan teroksidasi sehingga mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dalam campuran. Penurunan kadar aspal dalam campuran menyebabkan lekatan antara butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (ravelling) dan pengelupasan permukaan (stripping) pada lapis perkerasan. Syarat dari nilai VIM adalah 3,5% - 5%. Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan bleeding karena pada suhu yang tinggi viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan. Nilai VIM yang lebih dari 5% akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi. VIM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan.

Nilai VIM akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. VIM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak. Nilai VIM dihitung dengan rumus (4) – (7) dibawah ini :

$$VIM = (100 - i - j) \dots\dots\dots (4)$$

$$b = \frac{a}{100+a} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

$$i = \frac{b \times g}{Bj.Agregat} \dots\dots\dots (6)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{Bj.Agregat} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

2.8.5. Volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal (VFA)

Void Filled With Asphalt (VFA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperature pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFA berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Dengan kata lain VFA menentukan stabilitas fleksibilitas dan durabilitas. Semakin tinggi nilai VFA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara juga akan semakin tinggi, tetap dinilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*.

Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama. Nilai VFA yang disyaratkan adalah minimal 63 %. Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh. Artinya rongga dalam

campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum.

Nilai VFA dihitung dengan rumus dibawah ini :

$$VFA = 100 \times \frac{i}{j} \dots\dots\dots (8)$$

$$b = \frac{a}{100+a} \times 10 \dots\dots\dots (9)$$

$$i = \frac{b \times g}{Bj.Agregat} \dots\dots\dots (10)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{Bj.Agregat} \dots\dots\dots (11)$$

$$l = 100 - j \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

2.8.6. Rongga dalam agregat (VMA)

Void In Mineral Agregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas terhadap rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas, dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi.

Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat, dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran.

Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan nilai stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VMA yang disyaratkan adalah 14%.

2.8.7. Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah hasil bagi antara stabilitas dengan flow. Nilai Marshall Quotient akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai Marshall Quotient berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai Marshall Quotient dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan flow. Nilai Marshall Quotient yang disyaratkan adalah lebih besar dari 250 kg/mm. Nilai Marshall Quotient dibawah 250 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami washboarding, rutting dan bleeding, sedangkan nilai Marshall Quotient yang tinggi mengakibatkan perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak.

Nilai dari Marshall Quotient (MQ) diperoleh dengan rumus (10) dibawah ini :

$$MQ = S / F \dots\dots\dots (13)$$

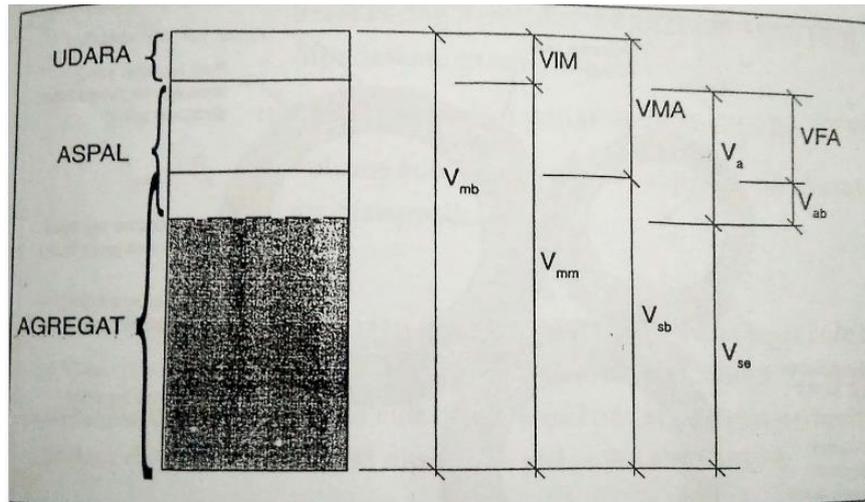
Keterangan :

S = Nilai stabilitas

F = Nilai flow

MQ = Nilai Marshall Quotient (kg/mm)

Setelah dilakukan analisis dari pengujian Marshall, dan didapat nilai-nilai karakteristik Marshall, dibuat grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut. Berdasarkan grafik dan perbandingan terhadap spesifikasi yang diisyaratkan oleh Bina Marga, ditentukan kadar aspal optimum campuran.



Gambar 2.3 Skematis berbagai jenis volume beton aspal
 Sumber: Silvia Sukirma 2003