

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalan yang dikeraskan dengan lapisan konstruksi tertentu, memiliki ketebalan, kekakuan, kekuatan, dan kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas ke tanah dasar secara aman. Agar perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, namun tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis. Lapisan paling atas disebut sebagai lapis permukaan, lapisan paling baik mutunya. Di bawahnya terdapat lapisan pondasi, yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan (Soeprapto, 2004).

Menurut (Sukirman, 2003), perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

3.2 Jenis Konstruksi Perkerasan Jalan

Menurut (Sukirman, 1999), berdasarkan material pengikatnya perkerasan jalan dapat dibedakan sebagai berikut :

a. Lapisan perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipampatkan dan menggunakan aspal sebagai bahan ikatnya. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu-lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya.

b. Lapisan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku atau perkerasan beton semen adalah suatu konstruksi (perkerasan) dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan ikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Pada perkerasan kaku daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Konstruksi perkerasan kaku biasanya diterapkan untuk jalan dengan beban lalu lintas yang tinggi

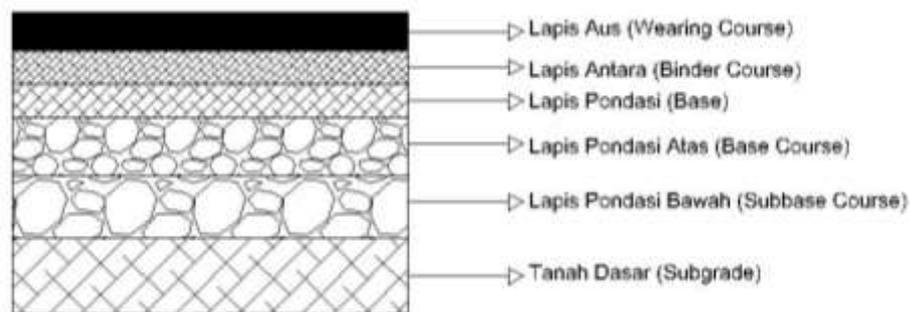
seperti pada jalan tol. Konstruksi jalan dengan perkerasan kaku ini memiliki kelebihan yakni lebih tahan lama dan biaya perbaikannya terbilang lebih rendah.

c. Lapisan Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit adalah kombinasi dari perkerasan kaku dengan perkerasan lentur. Dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

3.2.1 Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Pada umumnya, perkerasan lentur terdiri dari empat lapis material konstruksi jalan, yaitu lapis permukaan (*Surface Course*), lapis pondasi atas (*Base Course*), lapis pondasi bawah (*Sub Base Course*), dan tanah dasar (*Sub Grade*), Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya (Sukiman, 1992).



Gambar 3.1 Lapis Perkerasan Lentur

(Sumber : Sukirman, 1999)

- a. Lapisan Permukaan (*Surface Course*), berfungsi untuk :
 1. Lapisan yang bergesekan langsung dengan roda kendaraan yang melintas, lebih tepatnya lapis aus (*Wearing Course*).
 2. Lapis kedap air.
 3. Lapis yang memiliki stabilitas tinggi.
 4. Lapis yang berfungsi untuk menyebarkan beban ke lapisan di bawah.
- b. Lapisan Fondasi Atas
 1. Lapis yang berfungsi sebagai bantalan untuk lapisan permukaan.
 2. Lapis yang menahan gaya lintang dan menyebarkan ke lapis fondasi bawah.

- c. Lapisan Fondasi Bawah
 - 1. Lapis peresapan air tanah, agar air dari tanah tidak memenuhi fondasi.
 - 2. Lapis yang menahan gaya lintang dan menyebarkan ke lapis tanah dasar.
 - 3. Berfungsi untuk mencegah partikel halus dari tanah naik ke lapis atas.
- d. Lapisan Tanah Dasar
 - 1. Merupakan tanah asli yang dipadatkan.

3.2.2 Jenis Campuran Beraspal Panas

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 1) jenis campuran beraspal panas terbagi menjadi tiga yaitu :

- a. *Stone Matrix Asphalt (SMA)*

Stone Matrix Asphalt (SMA) terdiri dari tiga jenis: SMA Tipis, SMA Halus, dan SMA Kasar. Masing-masing campuran memiliki ukuran partikel agregat maksimum 12,5 mm, 19 mm, dan 25 mm. campuran SMA yang menggunakan bahan Aspal Polymer disebut masing-masing sebagai SMA Tipis Modifikasi, SMA Halus Modifikasi dan SMA Kasar Modifikasi.

- b. Lapis Tipis Aspal Beton (*Hot Rolled Sheet, HRS*)

Lapisan tipis aspal beton (Lataston) atau bisa juga disebut HRS (*Hot Rolled Sheet*), adalah beton aspal bergradasi senjang. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas dan fleksibilitas. Lataston terdiri dari 2 jenis campuran berdasarkan fungsinya, yaitu:

- 1. Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS-WC (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course*). Tebal nominal minimum HRS-WC adalah 3 cm.
- 2. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet-base*). Tebal nominal minimum HRS-Base adalah 3,5 cm. Ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. HRS-Base mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada HRS-WC.

- c. Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete, AC*).

Laston (Lapisan Aspal Beton) atau bisa disebut AC (*Asphalt Concrete*), adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan

beban lalu lintas yang cukup berat. Menurut (Direktorat Jendral Bina Marga, 1987 dalam Pedoman Teknik No. 13/PT/B/1987), laston adalah suatu lapisan konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dengan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar serta dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum Laston 4-6 cm. Sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dengan ukuran maksimum agregat 19 mm. Tebal nominal minimum AC-WC adalah 4 cm.
2. Laston sebagai lapisan antara, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) dengan ukuran maksimum agregat 25,4 mm. Tebal nominal minimum AC-WC adalah 5 cm.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*) dengan ukuran maksimum agregat 37,5 mm. Tebal nominal minimum AC-BC adalah 6 cm.

Tabel 3.1 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,0075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
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 (refusal)	Min.	2		

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))

3.3 Karakteristik Campuran Beraspal

Menurut (Sukirman, 1999) perancangan campuran bertujuan untuk mencapai sifat-sifat akhir campuran beraspal yang diinginkan, perancangan campuran beraspal mencakup proses memilih dan menentukan proporsi material. Sifat-sifat campuran beraspal yang akan dicapai berupa :

a. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan campuran beraspal untuk menerima atau menahan beban, baik beban bersifat statis maupun dinamis (lalu lintas) tanpa terjadi perubahan bentuk tetap.

b. Kelenturan (*Flexibility*)

Kemampuan merupakan kemampuan campuran beraspal untuk mengikuti deformasi yang diterima akibat beban lalu lintas tanpa terjadinya keretakan.

c. Keawetan/Daya Tahan (*Durability*)

Daya tahan merupakan kemampuan campuran aspal untuk mempertahankan sifatnya dari pengaruh lingkungan (cuaca, perubahan suhu, air, beban lalu lintas dan gesekan kendaraan).

d. Kedap air (*Impermeability*)

Impermeabilitas merupakan kemampuan campuran aspal untuk mencegah air dan udara masuk ke dalam perkerasan aspal. Impermeabilitas berhubungan dengan kandungan rongga pada campuran yang telah dipadatkan.

e. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Workability merupakan kemampuan campuran aspal untuk dikerjakan, dicampur, ditempatkan, dan dipadatkan dengan peralatan yang tepat tanpa mengalami kesulitan sampai mencapai tingkat pemadatan yang diinginkan.

f. Tahanan Geser atau Kesesatan (*Skid Resistance*)

Tahanan geser merupakan kemampuan campuran aspal padat untuk menahan gaya geser akibat gesekan. Dengan menggunakan agregat dengan permukaan kasar dengan sisi-sisi yang tajam dan menggunakan kadar aspal yang tidak berlebihan, ketahanan geser dapat ditingkatkan.

g. Pemadatan

Pemadatan merupakan suatu upaya untuk memperkecil nilai VIM, hingga memperoleh nilai strukturak yang diinginkan.

h. Temperatur

Temperatur campuran beraspal merupakan faktor yang mempengaruhi kepadatan karena temperature pada saat pemadatan mempengaruhi viskositas aspal. Tempertur pada saat pemadatan harus tinggi untuk dapat menjadi pelumas, apabila temperatur pada saat pemadatan rendah, maka kekentalan aspal menjadi tinggi dan membuat susah dipadatkan.

3.4 Material Penyusun Perkerasan

3.4.1 Aspal

Menurut (Mashuri, 2010) aspal adalah material yang berwarna hitam sampai coklat tua dimana pada temperatur ruang berbentuk padat sampai semi padat. Jika temperatur tinggi aspal akan mencair dan pada saat temperatur menurun aspal akan kembali menjadi keras (padat) sehingga aspal merupakan material yang termoplastis. 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 atau derivatnya (ASTM, 1994). Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2003). Menurut (Sukiman, 1999) sifat-sifat aspal meliputi:

a. Memiliki daya tahan (*Durability*)

Merupakan kemampuan aspal dalam mempertahankan sifat asalnya yang diakibatkan oleh pengaruh cuaca selama pemakaian jalan.

b. Kohesi dan Adhesi

Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat unsur-unsur penyusunnya sendiri, menghasilkan aspal dengan daktilitas tinggi, sedangkan adhesi adalah kemampuan aspal untuk berikatan dengan agregat dan mempertahankan agregat pada tempatnya setelah berikatan.

c. Viskoelastisitas aspal

Aspal memiliki sifat viskoelastis yang berubah tergantung pada suhu atau waktu pembebanan. Sifat viskoelastis aspal digunakan untuk menentukan suhu di mana aspal dapat dicampur dengan agregat untuk menghasilkan campuran yang

homogen, di mana aspal dapat masuk ke dalam pori-pori agregat untuk membentuk ikatan kohesi yang kuat, dan untuk menentukan suhu di mana pemadatan dapat dimulai dan dihentikan.

d. Kepekaan terhadap temperature

Kepekaan aspal terhadap temperatur adalah sensitivitas perubahan sifat viskoelastis aspal akibat perubahan temperatur, sifat ini dinyatakan sebagai indeks penetrasi aspal (IP).

e. Kekerasan aspal

Selama proses pelaksanaan terjadi oksidasi yang menyebabkan sifat viskositas aspal bertambah tinggi membuat aspal menjadi getas.

Pada umumnya, perkerasan jalan di Indonesia menggunakan bahan pengikat aspal dengan tipe gradasi rapat sehingga menghasilkan lapisan perkerasan yang kedap air dan tahan lama. Jenis aspal yang umum digunakan di Indonesia adalah jenis aspal dengan penetrasi 60/70 atau 80/100, yang lebih cocok dengan iklim di Indonesia. Sedangkan untuk jalan di daerah beriklim dingin dengan volume lalu lintas rendah, jenis aspal yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi tinggi 100/110.

3.4.2 Agregat

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan dengan nilai 90-95% berdasarkan persentase berat dan 75-95% berdasarkan persentase volume. Sifat agregat (gradasi, kebersihan, kekerasan, ketahanan, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya ikat aspal dengan agregat) merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca (Sukirman, 2003).

a. Agregat kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Fraksi agregat kasar harus dibuat dari batu pecah mesin dan dalam ukuran nominal yang sesuai dengan jenis campuran yang ingin direncanakan. Agregat kasar ini

memastikan keamanan lalu lintas karena membuat perkerasan lebih stabil dan memiliki ketahanan terhadap slip yang tinggi.

Tabel 3.2 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12 %
	Magnesium Sulfat		Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi fan SMA	100 putaran	Maks. 6 %
		500 Putaran	Maks. 30 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8 %
		500 Putaran	Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90
	Lainnya		95/90
Partikel pipih dan lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5 %
	Lainnya		Maks. 10 %
Material lolos ayakan No. 200		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1 %

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2))

b. Agregat halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm).

Tabel 3.3 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	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 2018 Divisi 6 (Revisi 2))

3.4.3 Filler

Filler (Bahan Pengisi) merupakan bahan berbutir halus yang lolos saringan nomor 200 (0,075 mm) digunakan untk mengisi lapisan aspal. *Filler* yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136: 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya dan harus bebas dari bahan

yang tidak dikehendaki dan tidak menggumpal (Bina Marga 2018). Beberapa bahan pengisi yang bisa digunakan berupa debu batu kapur, debu kapur padam, abu vulkanik, serbuk marmer dan lain-lain.

3.5 Serbuk Marmer

Marmer atau pualam merupakan batuan hasil proses metamorfosa atau perubahan dari batu gamping. Marmer banyak digunakan untuk bangunan, seperti ubin, dinding, dekorasi dan perabot rumah tangga (Zulkifli et al., 2010). Serbuk marmer merupakan limbah yang berupa pecahan halus batu marmer yang dihasilkan dari proses pemotongan marmer menggunakan alat (*Wire sawing*), hasil pemotongannya berupa bongkahan batu. Batu marmer yang masih berupa bongkahan kemudian dipotong dengan mesin (*block cutting*) sesuai ukuran yang diinginkan. Selanjutnya marmer tersebut melalui proses pemolesan, pengeringan dan pemotongan akhir. Serbuk marmer yang tidak dikelola dengan baik bisa mencemari lingkungan dan partikel udara halus yang berasal dari pengolahan limbah ini bahkan dapat menyebabkan masalah kulit, dan pernapasan.

Karakteristik limbah marmer yaitu memiliki sifat fisik berwarna putih; memiliki berat jenis 3,16; lolos ayakan no. 200 (0,075 mm); dan memiliki kehalusan butiran 300 m²/kg (Demirel et al., 2018). Jika dicampur dengan air, maka serbuk marmer akan mengalami pengerasan sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengisi.

Tabel 3.4 Kandungan Serbuk Marmer

Unsur Kimia	Kandungan
Kalsium Oksida, CaO	52,69 %
Kalsium Karbonat, CaCO ₃	41,92 %
Magnesium Oksida, MgO	0,84 %
Magnesium Karbonat, MgCO ₃	1,76 %
Silika, SiO ₂	1,62 %
Alumunium Oksida, Al ₂ O ₃	0,37 %

(Sumber : Utomo et al, 2021)

3.6 Penuaan Aspal

Proses penuaan menjadikan perkerasan lapis aspal beton mengalami penurunan kualitas. Penuaan aspal adalah ukuran yang digunakan untuk mengukur durabilitas campuran beraspal. Penuaan aspal memiliki korelasi yang signifikan dengan

keawetan campuran beraspal (Brown dan Scholz, 2000). Penuaan ini disebabkan oleh dua komponen utama: oksidasi dan penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal (Bell et Al., 1994).

Penuaan aspal terjadi dalam 2 jenis, yaitu penuaan jangka pendek (*Short Term Oven Aging*, STOA) dan penuaan jangka panjang (*Long Term Oven Aging*, LTOA). Simulasi STOA dilakukan untuk mengetahui penuaan campuran aspal pada saat proses pembuatan campuran aspal di unit pencampuran aspal (AMP), selama pengangkutan dan penghamparan di lapangan. Penuaan jangka pendek disebabkan oleh paparan lingkungan seperti sinar matahari, oksigen, dan kelembaban. Pada tahap ini, aspal mengalami perubahan sifat fisik dan kimia yang dapat mempengaruhi kinerja campuran aspal. Untuk menentukan penuaan jangka pendek, campuran beraspal yang melewati proses penyimpanan/pengovenan pada suhu 135 °C selama 4 jam akan meningkatkan kekakuan sebesar 9-24% dari pada campuran yang langsung dipadatkan tanpa proses penyimpanan (Brown dan Scholz, 2000).

Simulasi LTOA ini dilakukan untuk mengetahui penuaan campuran aspal selama masa pelayanan.. Penuaan jangka panjang disebabkan oleh kombinasi faktor lingkungan dan beban lalu lintas yang berulang-ulang. Pada tahap ini, aspal mengalami penurunan kekuatan dan kekakuan yang dapat menyebabkan kerusakan pada perkerasan jalan. Pengujian penuaan jangka panjang (*Long term oven aging*, LTOA), dilakukan pengovenan pada suhu 85°C selama 120 jam setelah dilakukan pemadatan. Pengujian pada suhu 85°C selama 120 jam mewakili umur campuran selama 10 tahun di lapangan (Mashuri, 2020).

3.7 Metode Marshall

Dalam pengujian Marshall terdapat parameter Marshall yang menjadi persyaratan pengujian lapisan perkerasan. Parameter Marshall tersebut meliputi nilai:

a. *Stabilitas Marshall*

Kemampuan campuran aspal untuk menahan kerusakan atau perubahan (deformasi) yang disebabkan oleh beban yang bekerja tanpa mengalami kerusakan permanen dikenal sebagai stabilitas. Stabilitas dipengaruhi oleh

bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*) dan kadar aspal dalam campuran.

$$S = P \times \text{Angka Korelasi} \times r \quad (3.1)$$

Keterangan:

S = Stabilitas

P = Kalibrasi Proving Ring

r = Nilai Pembacaan Arloji Stabilitas

b. Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan (*Flow*) adalah besarnya 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 diterimanya. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas, gradasi agregat jumlah, dan suhu pemadatan. Campuran dengan *flow* rendah dan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas, sementara campuran dengan *flow* tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk ketika beban lalu lintas meningkat.

c. *MQ*

MQ merupakan hasil bagi dari stabilitas terhadap kelelahan yang digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau fleksibilitas campuran. Semakin tinggi nilai *MQ* maka perkerasan akan mudah retak akibat beban lalu lintas yang berulang-ulang. Sebaliknya, nilai *MQ* yang terlalu rendah menunjukkan campuran terlalu fleksibel yang mengakibatkan lapis keras akan mudah berubah bentuk bila menahan beban lalu lintas.

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (3.2)$$

Keterangan:

MQ = Nilai kekakuan (kg/mm)

S = Nilai stabilitas (kg)

F = Nilai *flow* (mm)

d. Rongga Antar Agregat (VMA)

VMA (*void in mineral aggregate*) merupakan kadar persentase ruang rongga diantara partikel agregat pada benda uji, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat).

$$\text{VMA} = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{se}} \quad (3.3)$$

Keterangan:

G_{se} = Berat jenis curah agregat

G_{mb} = Berat jenis campuran padat (AASHTO T-166)

P_s = Persentase kadar aspal terhadap berat total campuran

e. Rongga Udara di dalam Campuran (VIM)

VIM (*void in the mix*) merupakan persentase rongga udara yang terdapat dalam total campuran.

$$\text{VIM} = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad (3.4)$$

Keterangan:

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran

G_{mb} = Berat jenis curah campuran padat (AASHTO T-166)

f. Rongga Terisi Aspal (VFA)

VFA (*void filled with asphalt*) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan.

$$\text{VFA} = 100 \times \frac{\text{VMA} - \text{VIM}}{\text{VMA}} \quad (3.5)$$