

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan dapat sesuai dengan harapan, maka pengetahuan tentang sifat dari bahan penyusun perkerasan jalan diperlukan menurut Sukirman (2003).

Bahan ikat perkerasan jalan dikelompokkan sebagai berikut ini.

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang berbahan ikat aspal, yang memiliki sifat lentur pada saat cuaca panas. Material pada perkerasan lentur di hampar pada suhu yang tinggi $\pm 100^{\circ}\text{C}$. Perkerasan lentur menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang dipadatkan melalui beberapa lapisan sebagai berikut :

- a. lapisan permukaan,
- b. lapisan pondasi atas,
- c. lapisan pondasi bawah, dan
- d. lapisan tanah dasar.

2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku merupakan perkerasan yang bahan utamanya menggunakan beton, sehingga perkerasan ini bersifat kaku. Perkerasan kaku terdiri dari plat beton dengan tulangan di atas tanah dasar dengan atau tanpa pondasi bawah. Beban lalu lintas yang diterima kemudian diteruskan ke permukaan perkerasan. Perkerasan kaku bisa dikelompokkan atas:

- a. perkerasan kaku semen yang terbuat dari beton semen baik yang bertulang ataupun tanpa tulangan.

- b. perkerasan kaku komposit yang terbuat dari komposit sehingga lebih kuat dari perkerasan semen, sehingga baik untuk digunakan pada landasan pesawat udara di bandara.

3.1.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Sukirman (2003) menyatakan bahan yang umum digunakan untuk lapis permukaan adalah sebagai berikut ini.

1. Lapis Aspal Beton (LASTON)

Lapis Aspal Beton merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan bahan ikat yaitu aspal keras yang dicampur, di hampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu yang telah ditentukan.

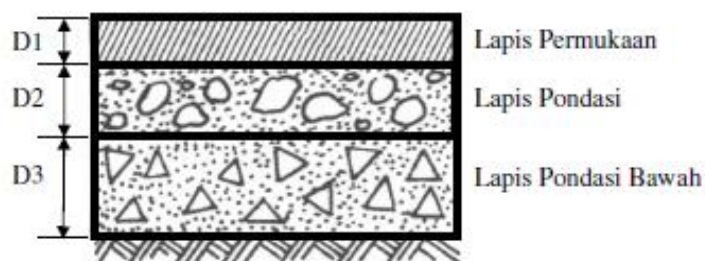
2. Lapis Tipis Aspal Beton (LATASTON)

Lapis Tipis Aspal Beton atau biasa disebut sebagai *hot roller sheet* (HRS). *Hot Roller Sheet* merupakan lapis penutup yang terdiri dari agregat bergradasi senjang, bahan pengisi (*filler*), dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu dengan tebal padat 2,5 cm sampai 3 cm.

3. Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR)

Lapis Tipis Aspal Pasir merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran pasir dan aspal keras yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu dengan ketebalan 1 cm sampai 2 cm.

Susunan struktur lapis perkerasan lentur jalan dari bagian atas ke bawah dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Struktur Perkerasan Lentur

(Sumber: Bina Marga, 1987)

3.2 Lapis Aspal Beton (LASTON)

Lapis Aspal Beton merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal keras yang dicampur, di hampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Tebal minimum aspal beton adalah 4 cm – 6 cm (Dep. Kimpraswil, 2002) dalam (Ermitha, 2007).

Lapis aspal beton lebih peka terhadap variasi kadar aspal maupun variasi gradasi agregat daripada laston. Berdasarkan fungsinya, campuran laston dibedakan menjadi 3 jenis yaitu:

1. beton aspal lapis aus (*AC-WC*) dengan tebal minimum 4,0 cm,
2. beton aspal lapis pengikat (*AC-BC*) dengan tebal minimum 5,0 cm, dan
3. beton aspal lapis fondasi (*AC-Base*) dengan tebal minimum 6,0 cm.

Menurut Sukirman (2003), ada tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton adalah sebagai berikut ini.

1. Stabilitas umur rencana

Stabilitas merupakan ukuran kemampuan lapis perkerasan dalam menerima beban lalu lintas tanpa adanya perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, ataupun *bleeding*.

2. Durabilitas

Durabilitas merupakan kemampuan perkerasan dalam menerima repetisi beban lalu lintas, gesekan antar roda kendaraan dengan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim seperti udara, air, dan perubahan temperatur.

3. Fleksibilitas

Fleksibilitas atau kelenturan merupakan kemampuan beton aspal untuk dapat menyesuaikan diri akibat penurunan dan pergerakan dari fondasi atau tanah dasar tanpa terjadi retak.

4. Tahanan Geser

Tahanan Geser atau kekesatan merupakan kemampuan pada permukaan perkerasan pada saat kondisi permukaannya basah, yaitu memberikan gaya gesek pada roda kendaraan agar kendaraan yang melintas tidak tergelincir.

5. Kedap Air

Kedap air merupakan kemampuan campuran beton aspal untuk tidak dapat dimasuki oleh air ataupun udara.

6. Ketahanan kelelahan

Ketahanan terhadap kelelahan merupakan kemampuan perkerasan dalam menerima tekanan dari beban lalu lintas yang berulang tanpa terjadinya kelelahan berupa alur atau retak.

7. Mudah dilaksanakan (*Workability*)

Workability adalah kemampuan campuran beton aspal agar mudah dihamparkan dan dipadatkan.

Ketentuan sifat-sifat campuran aspal panas dan spesifikasi agregat campuran aspal menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 untuk Laston (AC) dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.1 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston

Sifat-sifat Campuran		LASTON					
		AC-WC		AC-BC		AC-Base	
		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		
Rongga dalam Campuran (%)	Min	3,5					
	Maks	5,0					
Rongga dalam Agregat (%)	Min	15	14	13			
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	63	60			
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	800			1800		
Pelelehan (mm)	Min	3,0			4,5		
<i>Marshall</i> Quotient (kg/mm)	Min	250			300		
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa setelah Perendaman 24 jam, 60°C (%)	Min	90					
Rongga dalam Campuran pada Kepadatan Membal (%)	Min	2,5					

Sumber : Bina Marga (2010)

Tabel 3.2 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

No. Saringan	Ukuran Ayakan (mm)	LASTON (AC)		
		WC	BC	Base
1,5"	37,5			100
1"	25		100	90-100
¾"	19	100	90-100	76-90
½"	12,5	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	77-90	66-82	52-71
#4	4,75	53-69	46-64	35-54
#8	2,36	33-53	30-49	23-41
#16	1,18	21-40	18-38	13-30
#30	0,600	14-30	12-28	10-22
#50	0,300	9-22	7-20	6-15
#100	0,150	6-15	5-13	4-10
#200	0,075	4-9	4-8	3-7

Sumber : Bina Marga (2010)

3.3 Bahan Penyusun Perkerasan Jalan

Dalam penelitian ini terdapat beberapa bahan penyusun perkerasan jalan yang akan diuraikan sebagai berikut ini.

3.3.1 Agregat

Sukirman (2003) menyatakan bahwa agregat dapat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90%-95% agregat berdasarkan persentase berat. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Berdasarkan ukuran butir, agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*). Bahan-bahan tersebut yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan berfungsi untuk menahan beban lalu lintas. Oleh karena itu agregat merupakan komponen terpenting dalam sebuah konstruksi perkerasan jalan.

Menurut *Asphalt Institute* (1997), penentuan gradasi berdasarkan total persen berat agregat yang melewati ukuran saringan yang telah ditentukan. Fraksi-fraksi terdiri dari agregat kasar (tertahan saringan No. 8 (2,36 mm)), agregat halus (lolos saringan No.8 (2,36 mm)), dan *filler* (tertahan saringan No. 200 (0.075 mm)).

1. Agregat Kasar

Menurut Bina Marga (2010) agregat kasar dengan butiran tinggal di atas ayakan No. 4. Fraksi agregat kasar untuk perencanaan ini adalah agregat yang tertahan saringan 2,36 mm (No. 8). Agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri dari kerikil atau batu pecah dan harus disediakan dalam ukuran normal. Agregat kasar berpengaruh terhadap perkerasan jalan, karena dengan adanya agregat kasar akan membuat perkerasan tersebut lebih stabil atau *skid resistance* (tahan terhadap selip) yang tinggi, sehingga menjamin terhadap keamanan dan kenyamanan pengendara.

Adapun persyaratan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Persyaratan Agregat Kasar

No	Pengujian		Standar	Nilai
1	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407 : 2008	Maks. 12%
2	Berat Jenis		SNI 1969 : 2008	> 2,5
3	Abrasi dengan Mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417 : 2008	Maks. 30%
4		Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya		Maks. 40%
5	Penyerapan Agregat terhadap air		SNI 1969 : 2008	< 3%

Sumber : Bina Marga (2010)

Lanjutan Tabel 3.3 Pesyaratan Agregat Kasar

No	Pengujian	Standar	Nilai
6	Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	DoT's Pennsylvania Test Method PTM No. 621	95/90
7	Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)		80/75
8	Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791 perbandingan 1:5	Maks. 10%
9	Material lolos ayakan No. 200	SNI 03-4132-1996	Maks. 1%
10	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI-06-2439-1991	> 95%

Sumber : Bina Marga (2010)

2. Agregat Halus

Bina Marga (2010) menyatakan bahwa agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan 2,36 mm (No. 8). Agregat halus harus bahan yang bersih, keras, tidak mengandung lempung > 5%.

Adapun persyaratan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.4 sebagai berikut.

Tabel 3.4 Persyaratan Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Standar	Nilai Persyaratan
1	Berat Jenis	SNI 1970 : 2008	> 2,5
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air	SNI 1970 : 2008	< 3
3	Nilai Setara pasir	SNI-03-4428-9917	Min. 60%
4	Kadar lempung	SNI 3423: 2008	Maks. 1%
5	Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	SNI-03-6877-2002	Min. 45
6	Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	SNI-03-6877-2002	Min. 40
7	<i>Sand Equivalent</i>	SNI 3423: 2008	> 50

Sumber : Bina Marga (2010)

3.3.2 Aspal

Aspal memiliki sifat termoplastik, yang mana akan menjadi keras jika temperatur berkurang dan akan menjadi lunak jika temperaturnya bertambah. Kegunaan dari aspal yaitu untuk mengikat antar agregat yang akan digunakan pada perkerasan jalan. Aspal yang biasa digunakan pada suatu campuran mengandung lilin karena aspal yang mengandung lilin lebih peka terhadap temperatur. Menurut Sukirman (2003) aspal yang mempunyai viskositas yang sama pada temperatur tinggi tetapi sangat berbeda viskositas pada temperatur rendah. Kepekaan terhadap temperatur akan menjadi dasar perbedaan umur aspal untuk menjadi retak atau mengeras. Bersama dengan agregat, aspal juga merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan.

Rancangan campuran aspal yang baik yaitu bagaimana memilih agregat yang berkualitas dan menentukan tipe serta jumlah asal yang digunakan sebagai pengikat dari agregat tersebut. Sehingga didapatkan campuran aspal yang diharapkan mampu melayani dengan baik pada variasi pembebanan selama bertahun-tahun dengan kondisi lingkungan yang ada (*Asphalt Institute*, 1997 dalam MS-2).

Aspal keras memiliki 2 jenis penetrasi, yaitu penetrasi tinggi dan penetrasi rendah. Aspal dengan penetrasi tinggi digunakan pada daerah dengan cuaca yang dingin serta lalu lintas yang rendah, sedangkan pada aspal dengan penetrasi rendah digunakan pada daerah bercuaca panas dan volume lalu lintas yang tinggi. Di Indonesia merupakan daerah dengan cuaca panas, sehingga menggunakan aspal dengan penetrasi 60/70 dan 80/100. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan digunakan aspal keras dengan penetrasi AC 60/70.

Spesifikasi aspal padat mengikuti Spesifikasi Umum Bina Marga dapat dilihat pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.5 Ketentuan-ketentuan Aspal Penetrasi dan Aspal Modifikasi

Jenis Pengujian	Metode Penelitian	Aspal Penetrasi 60/70	Aspal Modifikasi Elastomer
Penetrasi pada 25° (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	Min. 40
Titik Lembek (°C)	SNI 2343:2011	≥ 48	≥ 48
Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	≥ 100
Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 232
Kelarutan dalam <i>Trichoroethylene</i> (%)	AASHTO T44-03	≥ 99	≥ 99
Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	≥ 1,0

Sumber : Bina Marga (2010)

Tabel 3.6 Ketentuan-ketentuan Aspal Padat

No	Pengujian	Metode Pengujian	Satuan	Persyaratan	
				Min	Max
1	Penetrasi (25°C, 5 dtk, 100 gr)	SNI 06-2456-1991	0,1mm	-	70
2	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	SNI 06-2434-1991	% semula	-	-
3	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	°C	225	-
4	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	°C	48	58
5	Berat Jenis (25°C)	SNI 06-2441-1991	gr/cc	1,0	-
6	Penurunan Berat	SNI 06-2440-1991	% berat	-	-
7	<i>Viscositas</i> 170 Cst (Temp. Pencampuran)	SNI 03-6721-2002	°C	-	-
8	<i>Viscositas</i> 280 Cst (Temp. Pemadatan)	SNI 06-6721-2002	°C	-	-
9	Daktalitas (25°C, 5 cm/menit)	SNI 06-2432-1991	cm	50	-

Sumber : Bina Marga (2010)

3.3.3 Bahan Pengisi (*filler*)

Filler adalah agregat yang lolos pada saringan No. 200. *Filler* atau biasa disebut juga dengan bahan pengisi bertugas untuk mengisi rongga antara partikel agregat kasar untuk mengurangi besarnya rongga pada campuran. Rongga udara pada agregat kasar diisi dengan partikel yang lolos saringan No. 200, sehingga membuat rongga udara lebih kecil dan kerapatan massanya lebih besar (Sukirman, 2003).

3.4 Marmer

Batuan marmer merupakan batuan metamorf atau malihan yang terdiri dari mineral karbonat rekristalisasi (seperti kalsit atau dolomit). Proses terbentuknya batu marmer ini karena diakibatkan oleh proses metamorfosis batu kapur atau batu gamping (Kearey, 2001). Marmer banyak digunakan sebagai batu yang menghiasi rumah untuk lantai, dinding, bahkan *furniture* dan lain sebagainya. Dari hasil analisis kimia limbah marmer yang dilakukan oleh Zulkifli, dkk (2012), menunjukkan bahwa limbah marmer memiliki kandungan Kalsium Oksida (CaO) dengan nilai diatas 50%. Kandungan tersebut dapat menambah distribusi pengikat dalam campuran aspal. Marmer juga bisa sebagai bahan pengisi yang baik dalam mengisi rongga pada campuran.

3.5 Karakteristik Pengujian *Marshall*

Metode pengujian *Marshall* dikembangkan oleh *Bruce Marshall* yang bekerja pada Departemen Raya Negeri Bagian Missisipi berkisar 1940-an. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*).

Menurut Sukirman (2003) alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 inci atau 10,2 cm dan tinggi 2,5 inci atau 6,35 cm.

Sifat-sifat campuran beton aspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian *Marshall* sebagai berikut ini.

1. Berat jenis *bulk* beton aspal padat (G_{mb})

Berat jenis *bulk* beton aspal padat dapat diukur dengan menggunakan hukum *Archimedes* pada Persamaan 3.1.

$$G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} - B_a} \quad (3.1)$$

dengan :

G_{mb} = Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat,

B_k = Berat kering beton aspal padat (gram),

B_{SSD} = Berat kering permukaan beton aspal yang telah dipadatkan (gram),

B_a = Berat beton aspal padat di dalam air (gram), dan

$B_{SSD} - B_a$ = Volume *bulk* dari beton aspal padat, jika berat jenis air di asumsikan sama dengan 1.

2. Berat jenis maksimum beton yang belum dipadatkan (G_{mm})

Berat jenis maksimum beton aspal yang belum dipadatkan adalah berat jenis pada campuran beton aspal tanpa udara, yang diperoleh dari penelitian di laboratorium dengan menggunakan prosedur *AASHTO* T209-90 dengan menggunakan Persamaan 3.2.

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_a}{G_a}} \quad (3.2)$$

dengan:

G_{mm} = Berat jenis maksimum dari campuran 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, dan

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

3. *Voids In Mineral Aggregate (VMA)*

VMA adalah rongga udara diantara agregat dalam campuran agregat dan aspal yang sudah dipadatkan dinyatakan dalam persentase. Nilai *VMA* meningkat karena agregat yang terselimuti aspal semakin tebal, atau agregat yang digunakan pada perkerasan bergradasi terbuka. Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persentase dari berat beton aspal padat, maka *VMA* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.3

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

dengan:

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, dan

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

4. *Voids In The Total Mix (VITM)*

VITM adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. Nilai *VITM* yang terlalu besar mengakibatkan beton aspal padat berkurang kedapannya, yang berakibat terjadinya penuaan lebih cepat dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. Jika nilai *VITM* yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* jika temperatur meningkat. Nilai *VITM* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.4.

$$VITM = 100 - \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad (3.4)$$

dengan:

VITM = Volume pori dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat,

G_{mb} = Berat jenis maksimum dari beton aspal padat yang belum dipadatkan, dan

G_{mm} = Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat.

5. *Voids Filled With Asphalt (VFWA)*

VFWA adalah volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal, atau volume selimut aspal. Perhitungan dilakukan berdasarkan volume beton aspal padat = 100 cm³. *VFWA* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.5.

$$VFWA = \frac{100(VMA - VITM)}{VMA} \quad (3.5)$$

dengan:

VFWA = Volume pori antara butir agregat yang terisi aspal, % dari *VMA*,

VMA = Volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat, dan

VITM = Volume pori dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat,

6. Stabilitas (*Stability*)

Pemeriksaan stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban. Nilai stabilitas didapatkan dari pembacaan nilai arloji dikalikan dengan nilai kalibrasi *proving ring*, dan dikoreksi dengan angka koreksi akibat variasi ketinggian benda uji (Sukirman, 2003). Nilai stabilitas dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.6.

$$q = p \times q \quad (3.6)$$

dengan:

q = Nilai stabilitas,

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi *proving ring*, dan

q = Angka koreksi benda uji.

7. Kelelahan (*Flow*)

Flowmeter adalah mengukur besarnya deformasi yang terjadi akibat beban. Sebelum dilakukan pemeriksaan, benda uji dipanaskan terlebih dahulu selama 30-40 menit dengan suhu 60°C di dalam *waterbath* agar temperatur benda uji sesuai dengan temperatur terpanas pada saat di lapangan.

8. *Marshall Quotient (MQ)*

Marshall Quotient merupakan nilai perbandingan antara stabilitas dengan nilai *flow* yang digunakan sebagai pendekatan nilai kekakuan campuran. Jika nilai *MQ* tinggi maka semakin besar pula kekakuan suatu campuran sehingga rentan terhadap keretakan. Nilai *MQ* yang tinggi cenderung memiliki sifat kaku sehingga perkerasan tersebut mudah terjadi keretakan jika dilewati beban lalu lintas yang berlebih. Nilai *MQ* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.7

$$MQ = \frac{q}{r} \quad (3.7)$$

dengan:

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm),

q = Nilai stabilitas (kg), dan

r = Nilai kelelahan plastis/*flow* (mm).

3.6 Karakteristik Pengujian Perendaman (*Immersion Test*)

Immersion Test memiliki prinsip yang sama dengan pengujian *Marshall* yang membedakan hanya waktu perendamannya saja. Benda uji pada *Immersion Test* direndam selama 0,5 jam dan 24 jam pada suhu konstan 60°C .

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal (*Index of Retained Strength*) adalah persentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 0,5 jam dan 24 jam yang dibandingkan dengan stabilitas campuran biasanya. Nilai *IRS* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8

$$IRS = \frac{S_1}{S_2} \times 100\% \quad (3.8)$$

dengan:

IRS = Indeks Stabilitas Sisa (%),

*S*₁ = Stabilitas *Marshall* Perendaman 24 jam (kg), dan

*S*₂ = Stabilitas *Marshall* Perendaman 0,5 jam (kg).