

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Konstruksi Perkerasan Jalan

Menurut Totomihardjo, Soeprapto (1994) tanah saja biasanya tidak cukup kuat dan tahan tanpa adanya deformasi yang berarti, terhadap beban roda berulang. Untuk itu perlu lapis tambahan yang terletak antara tanah dan roda, atau lapis paling atas dari badan jalan. Lapisan tambahan ini dapat dibuat dari bahan khusus yang terpilih (yang lebih baik), yang selanjutnya disebut lapis perkerasan (*pavement*).

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

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu lapis keras yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu lapis keras yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan ikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas diterima oleh pelat beton.
3. Perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

3.2. Perkerasan Lentur

Dalam penelitian ini hanya akan dilakukan pengujian terhadap perkerasan lentur, khususnya untuk lapis permukaan jalan yang bersifat nonstruktural (Lataston). Jenis lapis permukaan tersebut walaupun bersifat nonstruktural, dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu, sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang berfungsi diatas tanah dasar yang dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya kelapisan di bawahnya (Sukirman, Silvia, 1999).

Menurut Totomihardjo, Soeprapto (1994) konstruksi perkerasan lentur tersusun atas beberapa lapis perkerasan yaitu:

1. Lapis permukaan (*surface course*)

Surface course merupakan bagian perkerasan yang paling atas dan berfungsi sebagai lapisan kedap air, lapisan aus, menerima dan menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan bawahnya.

2. Lapis fondasi atas (*base course*)

Base course bagian perkerasan yang terletak diantara lapis permukaan dan lapis fondasi bawah. Lapis fondasi atas ini berfungsi sebagai: pendukung lapis permukaan, pemikul beban horisontal dan vertikal, dan lapisan peresapan bagi fondasi bawah.

3. Lapis fondasi bawah (*subbase course*)

Subbase course adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis fondasi atas dan tanah dasar. Lapis fondasi bawah ini berfungsi sebagai: penyebar

beban roda, lapis peresapan, lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis fondasi, dan lapisan pertama pada pembuatan perkerasan.

4. Tanah dasar (*subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau timbunan yang telah dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk peletakkan bagian – bagian perkerasan lainnya.

Untuk dapat memenuhi fungsi lapis perkerasan diperlukan suatu perencanaan campuran yang pada garis besarnya adalah menetapkan atau menggabungkan gradasi agregat ekonomis dengan aspal yang optimum sehingga menghasilkan campuran dengan sifat – sifat yang diharapkan pada hasil akhir berupa:

1. Aspal yang cukup untuk menjamin keawetan perkerasan.
2. Stabilitas yang memadai sehingga memenuhi kebutuhan lalu lintas.
3. Rongga yang memadai dalam total campuran padat sehingga masih memungkinkan adanya sedikit tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas tanpa terjadi *bleeding* dan hilangnya stabilitas, namun cukup rendah untuk mencegah masuknya udara dan kelembaban yang berbahaya bagi keawetan lapis perkerasan.
4. Cukup mudah dikerjakan untuk dapat melaksanakan penghamparan campuran secara efisien tanpa mengalami segregasi.

3.3. Lataston

Lataston (lapis tipis aspal beton) atau biasa dikenal dengan *Hot Rolled Sheet* (HRS) merupakan bahan lapis keras yang tersusun dari campuran antara aspal keras, agregat bergradasi timpang (*gap graded*) dan bahan pengisi (*filler*) dengan perbandingan tertentu yang tercampur, dihamparkan dan didapatkan dalam keadaan panas (*hot mix*) dengan ketebalan antara 2,5 – 3 cm. Aspal yang sering digunakan adalah jenis aspal keras penetrasi 60/70 atau 80/100 (Lataston, Bina Marga, No. 12/PT/B/1983).

Kekuatan campuran Lataston berasal dari kekuatan mortarnya, mortar terbentuk dari campuran agregat, bahan pengisi (*filler*) dan aspal. Lataston memiliki sifat kedap air, kekenyalannya yang tinggi, awet, dan dianggap tidak mempunyai nilai struktural. Dalam penggunaannya sebagai lapis penutup, Lataston berfungsi untuk mencegah masuknya air dari permukaan kedalam konstruksi sampai tingkat tertentu (Lataston, Bina Marga, No. 12/PT/B/1983).

Totomiharjo, Suprpto (1994) menjelaskan bahwa Lataston (lapis permukaan, perkerasan paling atas) merupakan salah satu jenis lapis permukaan jalan yang banyak dipakai sebagai lapis aus jalan, walaupun secara teknis Lataston tidak dinilai sebagai lapisan yang mempunyai nilai struktural. Secara struktural lapisan Lataston mempunyai nilai struktural, yang mana dia dapat mendukung beban lalu-lintas. Dalam hal ini maka lapis permukaan Lataston harus mampu mendukung beban di atasnya dan mendistribusikan beban tersebut kelapisan yang ada dibawahnya, dengan tekanan yang lebih kecil. Dengan tekanan yang lebih kecil pada lapisan dibawah lapis permukaan (sampai pada konstruksi

subgrade nya) ini akan memungkinkan deformasi yang berlebihan dan retak karena kelelahan bisa dihindarkan.

Tabel 3.1. Spesifikasi Campuran Lataston

No	Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	Satuan
1.	<i>Density</i>	-	gr/cc
2.	VFWA	≥ 65	%
3.	VITM	3 - 5	%
4.	Stabilitas	≥ 800	kg
5.	<i>Flow</i>	2 - 4	mm
6.	<i>Marshall Quotient</i>	≥ 200	Kg/mm

Sumber: Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, Bina Marga 1998

3.4. Karakteristik Perkerasan

Lapis perkerasan harus memenuhi karakteristik tertentu sehingga didapatkan lapis perkerasan yang kuat, awet, aman dan nyaman.

Unsur-unsur yang harus diperhatikan untuk mendapatkan lapis perkerasan yang baik menurut Sukirman, Silvia (1999) adalah sebagai berikut:

1. Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Usaha yang dilakukan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi dengan mengusahakan penggunaan:

- a. Agregat dengan gradasi rapat (*dense graded*).
- b. Agregat dengan permukaan yang kasar.
- c. Agregat yang bersudut (*angular*) dan berbentuk kubus.
- d. Aspal dengan penetrasi rendah, dan

e. Aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir.

2. Keawetan/daya tahan (*durability*)

Keawetan adalah kemampuan lapisan permukaan untuk menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu atau keausan akibat gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan.

3. Kelenturan (fleksibilitas)

Fleksibilitas pada lapis perkerasan adalah kemampuan suatu perkerasan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa menimbulkan retak dan perubahan volume. Besarnya nilai fleksibilitas dipengaruhi oleh kadar aspal dan gradasi agregat.

Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan:

- a. Penggunaan agregat bergradasi timpang.
- b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi).
- c. Menambah kadar aspal sehingga diperoleh VITM yang kecil.

4. Kekesatan (*skid resistance*)

Kekesatan adalah kemampuan perkerasan untuk menyediakan kekasaran yang cukup untuk menjaga kendaraan yang lewat di atasnya tidak tergelincir.

Kekesatan yang tinggi dapat dicapai dengan:

- a. Penggunaan aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*.
- b. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
- c. Penggunaan agregat berbentuk kubus, dan
- d. Penggunaan agregat kasar yang cukup.

5. *Impermeability*

Impermeability adalah sifat kedap air dan udara yang dimiliki perkerasan (campuran), yaitu kemampuan untuk mencegah masuknya air dan udara ke dalam campuran. Hal ini erat kaitannya dengan jumlah rongga dalam campuran. Permukaan perkerasan dapat kedap air dengan cara menggunakan gradasi rapat, menambah kadar aspal agar nilai rongganya kecil dan melakukan pemadatan.

6. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadi kelelahan yang berupa alur dan retak. Ketahanan terhadap kelelahan ini dipengaruhi oleh kadar aspal dan gradasi agregat.

7. Kemudahan pelaksanaan (*workability*)

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan, sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

Faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah:

- a. Gradasi agregat. Agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat yang bergradasi kurang baik.
- b. Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
- c. Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar.

3.5. Bahan Penyusun

Perkerasan lentur jalan raya mempunyai bahan penyusun utama yang terdiri dari agregat, *filler* sebagai bahan struktural dan aspal sebagai bahan pengikat. Untuk menghasilkan perkerasan jalan yang berkualitas tinggi, maka bahan-bahan penyusun perkerasan tersebut juga harus memiliki kualitas baik.

3.5.1 Agregat

Agregat adalah kumpulan butir-butir batuan pecah, kerikil, dan pasir yang merupakan bahan utama dalam mendukung kekuatan pada konstruksi perkerasan jalan. Fungsi dari agregat sebagai bahan utama ini adalah untuk mendapatkan daya dukung (*stability*) sesuai dengan spesifikasi yang ada.

Berdasarkan Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston), 12/PT/B/1983, ukuran butir agregat untuk perkerasan jalan dikelompokkan menjadi 3 macam, dengan persyaratan sebagai berikut:

1. Agregat kasar (*course aggregate*), adalah agregat yang tertahan saringan no.8 (2,38 mm). Agregat kasar yang digunakan bisa batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kuat, dan bebas dari bahan lain yang mengganggu, dengan persyaratan sebagai berikut:
 - a. Gradasi agregat kasar sebagaimana tertera dibawah ini:

Tabel 3.2. Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan inch (mm)	Persen lolos (%)
3/4" (19,10)	100
1/2" (12,70)	85-100
3/8" (9,52)	0-95
No.3 (6,35)	0-60

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston), 12/PT/B/1983, DPU, Dirjen Bina Marga

- b. Keausan agregat bila diperiksa dengan mesin Los Angeles pada putaran 500 (PB-0206-76) maksimum 40%.
 - c. Kelekatan terhadap aspal (PB-0205-76) lebih besar 95%.
2. Agregat halus (*fine aggregate*) adalah agregat yang lolos saringan No.8 (2,38 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,074 mm). Agregat yang digunakan adalah pasir alam atau pasir buatan (*screening*) hasil pemecahan batu atau campuran dari kedua bahan tersebut, dengan persyaratan sebagai berikut:
- a. Gradasi agregat halus, sebagaimana tertera dibawah ini:

Tabel 3.3. Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan inch (mm)	Persen lolos (%)
4 (4,76)	100
8 (2,36)	95 -100
30 (0,59)	75 -100
80 (0,177)	13 – 50
200 (0,074)	0 – 5

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston), 12/PT/B/1983, DPU, Bina Marga

- b. *Sand equivalent* (AASHTO T-176) minimum 50%
 - c. Bersifat non plastis (tidak mudah berubah bentuk bila ada perubahan suhu)
3. Bahan pengisi (*filler*)
- Bahan pengisi yaitu bahan berbutir halus yang lolos saringan No. 30 dimana prosentase berat butir yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) minimum 65%. dapat berupa abu kapur, semen portland, atau abu batu. Harus memenuhi gradasi sebagai berikut:

Tabel 3.4. Gradasi Bahan Pengisi (*filler*)

Ukuran Saringan inch (mm)	Persen Lolos (%)
30 (0,590)	100
50 (0,279)	95 -100
100 (0,149)	90 – 100
200 (0,074)	65 – 100

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Laston, Bina Marga 1987

Secara umum agregat sebagai bahan jalan harus memenuhi persyaratan:

1. Tahan lama (*durable will give resistance to abrasive wear*),¹
2. Kuat, keras, dan ulet (*strong, hard and tough will give resistance to slow rapid loading*), dan
3. Khusus untuk bahan lapis permukaan harus memperhatikan:
 - a. Keuletan (*tuoghness*), agregat harus memiliki keuletan yang cukup sehingga memberikan ketahanan terhadap: *slow crushing load*, dan *rapid impact load*.
 - b. Kekerasan (*hardness*), akan memberikan tahanan terhadap *abrasion/ attrition*,
 - c. *Polishing*, agregat harus memiliki tahanan terhadap *polishing* agar dapat menyediakan koefisien gesek yang cukup dan dapat bertahan lama,
 - d. *Stripping*, agar agregat tahan terhadap *stripping* harus memiliki adhesi yang baik dengan bahan ikatnya.
 - e. *Weathering*, agregat harus memiliki ketahanan terhadap cuaca (*weather*), antara lain terhadap perubahan suhu, air, kembang susut, *frost*.

3.5.2 Aspal

Aspal didapat secara alamiah- maupun dari penyaringan / penyulingan minyak bumi. Aspal pada lapis keras jalan berfungsi sebagai bahan ikat antara

agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak. Selain itu aspal juga berfungsi sebagai bahan pengisi dari rongga antara butir – butir agregat sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan kekuatan masing – masing agregat. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal AC 60/70 yang mengacu pada spesifikasi Bina Marga 1983.

Sifat-sifat yang harus dimiliki aspal untuk mendapatkan lapis perkerasan yang baik :

1. Daya tahan (*durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat aspalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan.

2. Adhesi dan kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperaturnya berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperaturnya bertambah.

Tabel 3.5. Persyaratan Aspal Keras

Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Persyaratan				Satuan
		Pen 60		Pen 80		
		min	mak	min	mak	
1. Penetrasi (25° C, 5 detik)	PA.0301-76	60	79	80	99	0,1 mm
2. Titik lembek (ring & ball)	PA.0302-76	48	58	46	54	° C
3. Titik nyala (clev.open cup)	PA.0303-76	200	-	225	-	° C
4. Kehilangan berat (163°C, 5 jam)	PA.0304-76	-	0,4	-	0,6	% berat
5. Kelarutan (CCl ₄ atau CS ₂)	PA.0305-76	99	-	99	-	% berat
6. Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	PA.0306-76	100	-	100	-	cm
7. Penetrasi setelah kehilangan berat	PA.0301-76	75	-	75	-	%semula
8. Berat jenis (25°C)	PA.0307-76	1	-	1	-	gr/cc

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston), 12/PT/B/1983, DPU, Dirjen Bina Marga

3.6. Metode Pengujian

Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Marshall. Konsep dari perencanaan campuran perkerasan jalan dengan metode Marshall dikembangkan oleh Bruce Marshall (1939), selanjutnya dikembangkan oleh U.S. Corps. Of Engineer. Saat ini pemeriksaan Marshall mengikuti prosedur PC-0201-76 atau AASHTO T 245-74, atau ASTM D 1559-62T.

Pemeriksaan dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran beraspal dan agregat. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 mm.

Untuk mendapatkan nilai VITM (*Void In The Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), Stabilitas (*Stability*) dan *Marshall Quotient* (QM), diperlukan data – data antara lain :

1. Berat jenis aspal = (berat/volume).
2. Berat jenis agregat.
3. Berat jenis teoritis campuran.

Berat jenis agregat merupakan gabungan dari berat jenis agregat kasar, agregat halus. Untuk memperoleh nilai berat jenis tersebut digunakan rumus sebagai berikut :

$$BJ.agregat = \frac{100}{\frac{A}{F1} + \frac{B}{F2}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

A = persentase agregat kasar, $F1$ = berat jenis agregat kasar

B = persentase agregat halus, $F2$ = berat jenis agregat halus

3.6.1 Parameter Marshall Test

Dari pengujian Marshall diperoleh parameter-parameter yang disebut dengan karakteristik Marshall (*Marshall properties*), macam dan langkah-langkah yang digunakan dalam mencari karakteristik Marshall dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Stabilitas (*stability*)

Dalam lingkup teknis stabilitas berarti kemampuan lapisan perkerasan dalam menerima beban lalu lintas tanpa terjadi deformasi permanen seperti gelombang, alir ataupun *bleeding*. Dalam hal ini stabilitas dipengaruhi oleh

banyak faktor seperti suhu lingkungan yang tidak tetap, tipe pembebanan, tipe tekanan alat pemadat dan variabilitas campuran yang dibuat. Nilai stabilitas didapat dari pembacaan arloji stabilitas yang kemudian dikalibrasikan dengan *proving ring* dan dikoreksikan tebal benda uji.

$$S = p \times q \dots\dots\dots(3.2)$$

dengan : S = angka stabilitas

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi tebal benda uji

2. Kelelehan (*flow*)

Kelelehan adalah parameter besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi kestabilan mulai menurun. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, suhu, gradasi agregat jumlah pemadatan (tumbukan). Nilai *flow* yang terlalu tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban, sedangkan nilai *flow* yang rendah mengisyaratkan campuran tersebut memiliki rongga yang tidak terisi aspal yang lebih tinggi dari kondisi normal, sehingga menyebabkan retak dini dan durabilitas rendah. Angka *flow* bisa didapat langsung dari pembacaan *flowmeter*.

3. Kepadatan (*density*)

Kepadatan adalah berat suatu campuran yang diukur tiap satuan volume. Campuran dengan nilai *density* yang tinggi mempunyai kemampuan menahan beban lalu-lintas yang lebih baik serta memiliki kedekatan yang tinggi terhadap air dan udara. *Density* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

kualitas bahan, kadar aspal, jumlah tumbukan dan komposisi bahan penyusunnya.

Nilai *density* (BD) dihitung dengan rumus :

$$BD = g = c/f \dots\dots\dots (3.3)$$

$$f = d - e \dots\dots\dots (3.4)$$

dengan :

c = berat benda uji sebelum direndam air (gram)

d = berat benda uji jenuh air (gram)

e = berat benda uji didalam air (gram)

f = volume benda uji (ml)

g = Bd = berat isi benda uji (gr/ml)

4. *Void In The Mix* (VITM)

Nilai VITM adalah perbandingan volume persentase rongga udara yang ada terhadap total campuran padat. VITM sama artinya dengan porositas dan nilainya akan berkurang bila kadar aspal campuran bertambah, karena rongga didalam campuran akan semakin terisi oleh aspal. Porositas dipengaruhi oleh suhu pemadatan, gradasi, energi pemadatan dan kadar aspal.

Nilai VITM dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$VITM(n) = 100 - (100 \times \frac{g}{h}) \dots\dots\dots (3.5)$$

$$h = \frac{100}{\frac{\% \cdot agregat}{BJ \cdot agregat} + \frac{\% \cdot aspal}{BJ \cdot aspal}} \dots\dots\dots (3.6)$$

dengan :

$VITM(n)$ = persen rongga terhadap campuran

g = berat isi benda uji (gr/mm)

h = berat jenis maksimum teoritis campuran (gr/mm)

5. Voids Filled With Asphalt (VFWA)

VFWA adalah persentase rongga dalam campuran yang berisi aspal. Nilai VFWA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan naiknya aspal ke permukaan saat suhu perkerasan tinggi. Sedangkan nilai VFWA yang terlalu rendah berarti campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi.

Nilai VFWA diperoleh dari rumus:

$$VFWA (m) = 100 \times \left(\frac{i}{l} \right) \dots \dots \dots (3.7)$$

dengan :

$$b = \frac{a}{(1200 + a)} \times 100 \dots \dots \dots (3.8)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ.Aspal} \dots \dots \dots (3.9)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ.Agregat} \dots \dots \dots (3.10)$$

$$l = 100 - j \dots \dots \dots (3.11)$$

Keterangan :

a = persentase aspal terhadap batuan (%) i dan j = rumus substitusi

b = persentase aspal terhadap campuran (%) g = berat isi benda uji

l = persentase rongga terhadap agregat (%)

6. Marshall Quotient

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dan nilai *flow*. digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau fleksibilitas campuran. Nilai *Marshall Quotient* yang tinggi menunjukkan nilai kekakuan lapis keras yang tinggi, dan dapat diperoleh dengan rumus:

$$QM = S/r \dots\dots\dots(3.12)$$

dengan : S = nilai stabilitas (kg)

r = nilai kelelahan (mm)