

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Konstruksi Perkerasan Jalan

Tanah saja biasanya tidak cukup dan tahan menahan deformasi akibat beban roda berulang, untuk itu perlu adanya lapis tambahan yang terletak antara tanah dan roda atau lapisan paling atas dari badan jalan. Lapis tambahan ini dibuat dari bahan khusus yang mempunyai kualitas yang lebih baik dan dapat menyebarkan beban roda yang lebih luas di atas permukaan tanah, sehingga tegangan yang terjadi karena beban lalu lintas menjadi lebih kecil dari tegangan ijin tanah. Bahan ini selanjutnya disebut bahan lapis perkerasan. Umumnya perkerasan jalan terdiri atas beberapa lapis dengan kualitas bahan semakin keatas semakin baik.

Perkerasan jalan dikelompokkan menjadi perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*), dalam perkembangannya menunjukkan adanya berbagai jenis perkerasan seperti perkerasan beton prestress, perkerasan cakar ayam, perkerasan paving block dan lain-lain (Totomiharjo, S, 1999).

3.2. Spesifikasi Campuran

Campuran aspal pada penelitian ini adalah *Hot Rolled Sheet* (HRS) dengan agregat gradasi timpang. Spesifikasi campuran mengacu pada Bina Maraga, 1983 seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Persyaratan HRS-B Untuk Kepadatan Lalu Lintas Berat

No	Spesifikasi	Nilai
1	Jumlah tumbukan	75 x 2
2	Densitas	-
3	VITM	3 - 5 %
4	VFWA	75 - 82 %
5	VMA	-
6	Stabilitas	≥ 750 kg
7	Flow	2 - 4 mm
8	Marshall Quotient	-

Sumber: Bina Marga, 1983

3.3. Bahan Penyusun

3.3.1. Aspal

Pada penelitian ini digunakan aspal AC penetrasi 60/70. Persyaratan AC 60/70 ditunjukkan dengan tabel 3.2.

Tabel 3.2. Persyaratan AC 60/70, Spesifikasi Bina Marga

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Syarat		Satuan
			Min	Mak	
1.	Penetrasi (25°C, 5 detik)	PA.031 - 76	60	79	0,1 mm
2.	Titik Lembek	PA.031- 76	48	58	°C
3.	Titik Nyala	PA.031 - 76	200	-	°C
4.	Kelarutan CCL ₄	PA.031 - 76	99	-	% Berat
5.	Daktalitas (25°C, 5cm / menit)	PA.031 - 76	100	-	Cm
6.	Berat Jenis	PA.031 - 76	1	-	-

Sumber: Bina Marga, 1983

3.3.2. Agregat

Sifat - sifat dari agregat harus diketahui lebih dulu sebelum agregat tersebut digunakan untuk bahan dasar konstruksi. Karena sifat material ini yang mempengaruhi kekuatan suatu konstruksi. Sifat - sifat agregat pada umumnya ditinjau dari : Ukuran butiran dan gradasi, kebersihan, kekerasan, bentuk butiran, permukaan butiran, sifat kimia serta kelekatan terhadap aspal (*Krebs and Walker, 1971*).

Agregat yang dipakai harus memenuhi persyaratan seperti tercantum dalam tabel 3.3 dan tabel 3.4. berikut:

Tabel 3.3 Persyaratan Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Syarat
1	Keausan agregat dengan mesin <i>Los Angeles</i>	$\leq 40 \%$
2	Kelekatan terhadap aspal	$\geq 95 \%$
3	Penyerapan air	$\leq 3 \%$
4	Berat jenis semu	$\geq 2 \%$

Sumber: Bina Marga, 1983

Tabel 3.4. Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis pengujian	Syarat
1	Nilai <i>Sand Equivalent</i>	$\geq 50 \%$
2	Penyerapan air	$\leq 3 \%$
3	Berat jenis semu	$\geq 2 \%$

Sumber: Bina Marga, 1983

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan. Saringan kasar diletakkan paling atas dan diakhiri dengan pan. Adapun spesifikasi gradasi campuran tercantum dalam tabel 3.5.

Tabel 3.5 Spesifikasi Gradasi Agregat HRS-B

Ukuran Saringan	% Berat Lolos Saringan
$\frac{3}{4}$ "	97 - 100
$\frac{1}{2}$ "	70 - 100
$\frac{3}{8}$ "	58 - 80
# 4	50 - 60
# 8	46 - 60
# 30	16 - 60
# 50	10 - 48
# 100	3 - 26
# 200	2 - 8

Sumber: *Central Quality Control and Monitoring Unit (CQCMU)*, 1988

3.4. Poly Ethylene

Sifat suatu *Polymer* ditentukan oleh density, *Melt Flow Index* (yaitu berat bahan yang mengalir selama sepuluh menit) dan berat molekul. Makin tinggi *Melt Flow Index* (MFI) berarti kekentalan makin rendah. Hal ini serupa dengan sifat penetrasi aspal. Pemilihan jenis *Polymer* ditentukan oleh sifat apa yang diinginkan. Bila diinginkan *binder* yang kaku maka harus dipilih yang mempunyai MFI rendah

dan berat molekul tinggi karena akan menghasilkan titik leleh yang tinggi dan kepekaan terhadap suhu juga tinggi. Bila diinginkan kemudahan pencampuran maka dipilih *Polymer* yang mempunyai MFI yang tinggi (Suroso, T.W, 1997). Penggunaan berbagai *Polymer* dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6. Penggunaan *Polymer* untuk memperbaiki daya tahan konstruksi jalan

Type <i>Polymer</i>	Nama Umum	Keperluan untuk Perkerasan
SBS	<i>Thermoplastik Rubber</i>	a. Hot mix b. Pengisian retak
EVA	<i>Thermoplastic</i>	a. Daya tahan terhadap alur b. Seal c. Retak
<i>Poly Ethylene Poly Propylene</i>	<i>Thermoplastic</i>	Alur
SBR	Karet sintetis	a. Retak b. Alur
Karet alam	Karet	a. Retak b. Alur

Sumber : (Suroso, T.W, 1997)

Menurut (Suroso, T.W, 1997) dalam penelitiannya dengan topik “Peningkatan Mutu Aspal dengan *Polymer* Dalam Negri Untuk Jaringan Prasarana Jalan” menyatakan bahwa suatu alasan mengapa digunakan *Polymer* sebagai *additive* untuk modifikasi aspal, karena aspal mempunyai keterbatasan sedangkan modifikasi dengan *Polymer* menaikkan sifat-sifat secara nyata antara lain:

- a. Dapat digunakan pada kondisi lalu lintas tinggi sehingga dapat mengurangi deformasi pada suhu tinggi karena aspal yang telah dimodifikasi dengan *Polymer* mempunyai titik leleh lebih tinggi dari aspal biasa dan *Stiffnes Modulus* Tinggi.
- b. Tahan terhadap gaya geser karena aspal plus *Polymer* akan menaikkan ketahanan terhadap gaya geser, terutama pada perempatan atau tikungan.

- c. Dapat menaikkan umur pakai karena aspal makin tinggi kekentalannya sehingga lapisan makin tebal.
- d. Tahan terhadap suhu tinggi, karena *Polymer Modified Binder* (PMB) mempunyai titik leleh lebih tinggi dari 50°C jika dibandingkan dengan aspal yang mempunyai titik leleh 46-48°C, sehingga PMB dapat menahan aspal agar tidak meleleh.
- e. *Poly Ethylene* berfungsi mencegah alur yang dapat menyebabkan terjadinya retak sehingga dapat mencegah terjadinya permeabilitas pada perkerasan.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas maka sifat-sifat yang diinginkan pada *Polymer Modified Binder* (PMB) adalah sebagai berikut :

- a. Indeks Penetrasi (PI) yang tinggi :

Indeks penetrasi yang tinggi mengakibatkan campuran tahan terhadap deformasi pada suhu tinggi dan tahan terhadap retak pada suhu rendah yang berarti PMB harus kurang peka terhadap pengaruh suhu (=PI tinggi).

- b. Kekentalan :

PMB harus mempunyai kekentalan lebih tinggi dari aspal biasa, sehingga diperkirakan dapat bertahan lebih lama dari pada aspal biasa.

- c. Titik leleh :

PMB harus mempunyai titik leleh lebih tinggi dibandingkan dengan aspal biasa.

3.5. Parameter *Marshall Test*

3.5.1. *Density*

Nilai *density* menunjukkan tingkat kepadatan suatu campuran perkerasan agregat dan aspal. Nilai kepadatan ini juga menunjukkan kerapatan campuran yang telah dipadatkan. Semakin besar nilai *density*, kerapatan dan kepadatan campuran semakin baik sehingga kemampuan perkerasan untuk menahan beban besar semakin meningkat.

Nilai *density* diperoleh dari persamaan 3.1 dan 3.2 :

$$g = \frac{c}{f} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$f = d - e \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

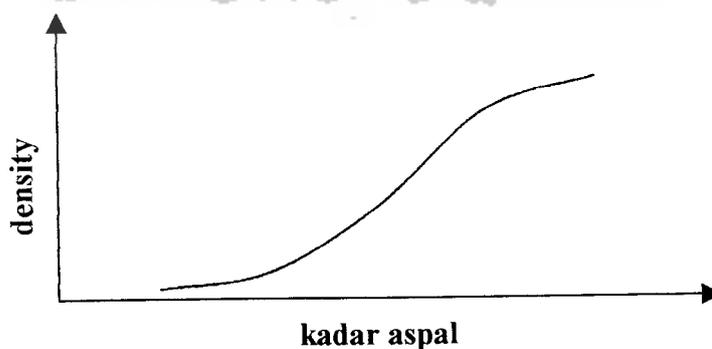
g = Nilai *density* (gr/cc)

c = Berat jenis kering sebelum direndam (gr)

d = Berat benda uji jenuh air (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)



Gambar 3.1. Grafik Hubungan *Density* Dengan Kadar Aspal

3.5.2. Void In Total Mix (VITM)

VITM adalah prosentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai VITM akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. VITM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat berupa alur dan retak.

Nilai VITM diperoleh dari persamaan 3.3 dan 3.4 :

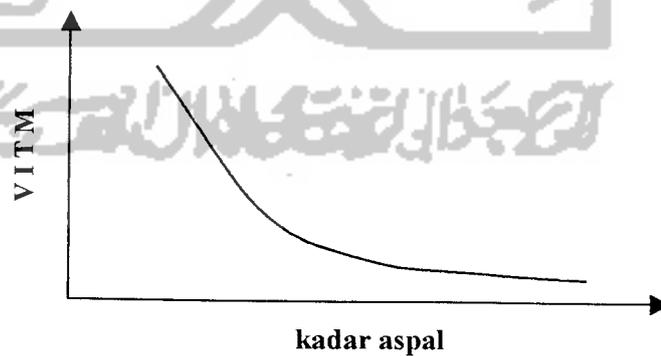
$$VITM = 100 - \left[100 \times \frac{g}{h} \right] \quad (3.3)$$

$$h = \frac{100}{\left(\frac{\% \text{ Agregat}}{Bj \text{ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{Bj \text{ Aspal}} \right)} \quad (3.4)$$

Keterangan:

g = Berat isi sampel (gr/cc)

h = Berat jenis maksimum teoritis campuran (gr/cc)



Gambar 3.2. Grafik Hubungan VITM Dengan Kadar Aspal

3.5.3. Void Filled With Asphalt (VFWA)

VFWA adalah prosentase rongga dalam campuran yang terisi aspal yang nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal maka prosen kadar aspal yang mengisi rongga adalah prosen kadar aspal maksimum.

Nilai VFWA diperoleh dari persamaan 3.5 sampai 3.8 :

$$VFWA = 100 \times \left[\frac{i}{l} \right] \dots\dots\dots(3.5)$$

$$i = \frac{b \times g}{B_j \text{ Aspal}} \dots\dots\dots(3.6)$$

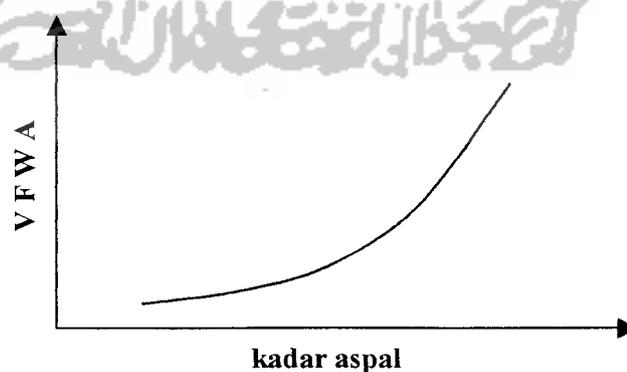
$$j = \frac{(100 - b)}{B_j \text{ Agregat}} \times g \dots\dots\dots(3.7)$$

$$l = 100 - j \dots\dots\dots(3.8)$$

Keterangan :

b = Prosentase aspal terhadap campuran

g = Berat isi sampel (gr/cc)



Gambar 3.3. Grafik Hubungan VFWA Dengan Kadar Aspal

3.5.4. Void in Mineral Aggregate (VMA)

Nilai VMA adalah rongga udara antar butiran agregat dalam campuran agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif dinyatakan dalam persen terhadap total.

Nilai VMA diperoleh dari persamaan 3.9 sampai 3.10 :

$$l=(100-j) \dots \dots \dots (3.9)$$

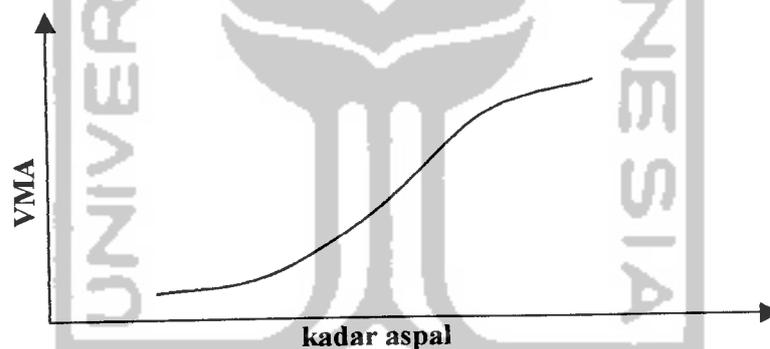
$$j=(100-b) \times g/B_j \text{ Agregat} \dots \dots \dots (3.10)$$

keterangan :

l =VMA

b = Prosentase aspal terhadap campuran

g = Berat isi sampel (gr/cc)



Gambar 3.4 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Nilai VMA

3.5.5. Stabilitas

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis. Naiknya stabilitas bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu (optimum) dan turun setelah melampaui batas optimum. Hal ini terjadi karena aspal sebagai bahan ikat antar agregat dapat menjadi pelicin setelah melebihi batas optimum.

Nilai stabilitas diperoleh dari persamaan 3.11 :

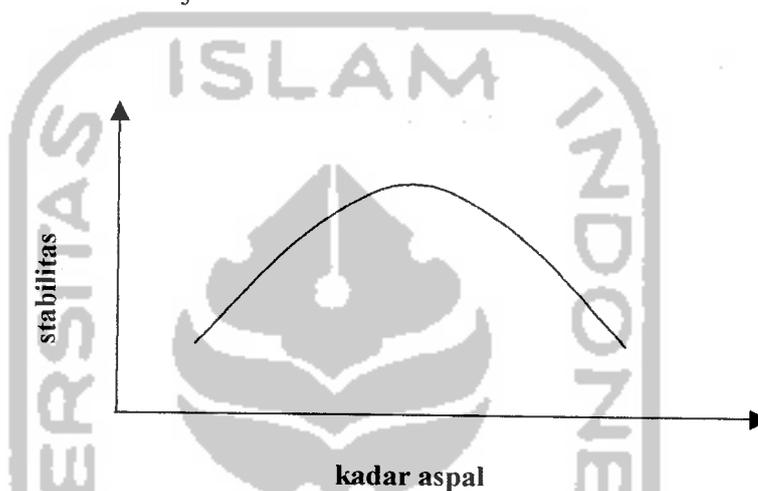
$$S = p \times q \dots \dots \dots (3.11)$$

Keterangan :

S = Angka stabilitas sesungguhnya

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

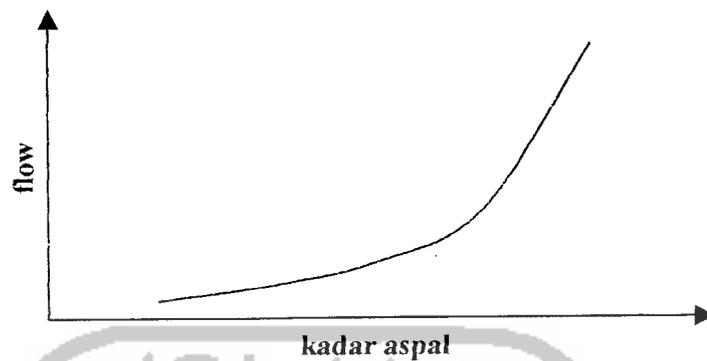
q = Angka koreksi benda uji



Gambar 3.5. Grafik Hubungan Stabilitas Dengan Kadar Aspal

3.5.6. Flow

Flow menyatakan besarnya penurunan (deformasi benda uji) campuran dengan angka kelelahan tinggi serta stabilitas rendah di atas batas maksimum akan cenderung plastis. Apabila campuran dengan angka kelelahan rendah dan stabilitas tinggi di bawah batas optimum akan cenderung bersifat getas dan mudah retak bila ada pembebanan.



Gambar 3.6. Grafik Hubungan *Flow* Dengan Kadar Aspal

3.5.7. Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* pada perencanaan perkerasan digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Fleksibilitas akan naik disebabkan oleh penambahan kadar aspal dan akan turun setelah sampai pada batas optimum, yang disebabkan berubahnya fungsi aspal sebagai pengikat menjadi pelicin. Spesifikasi didapat berdasarkan spesifikasi stabilitas dan *flow*.

Nilai *Marshall Quotient* diperoleh dari persamaan 3.12 :

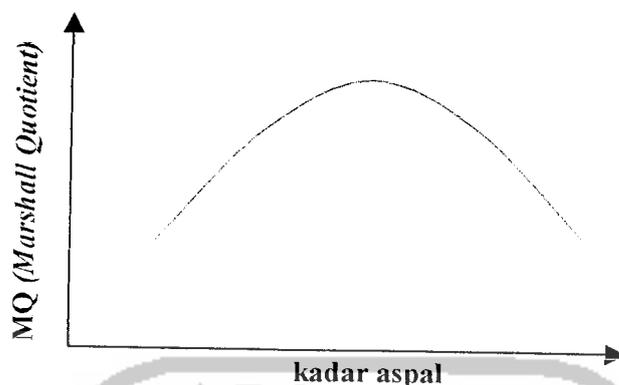
$$MQ = \frac{S}{R} \dots\dots\dots(3.12)$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas (kg)

R = Nilai *flow* (mm)

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



Gambar 3.7. Grafik Hubungan *Marshall Quotient* Dengan Kadar Aspal

3.6. *Immersion Test*

Immersion Test atau uji perendaman *Marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu dan cuaca. Pengujian ini prinsipnya sama dengan pengujian *Marshall* standar hanya waktu perendaman saja yang berbeda. Benda uji pada *Immersion Test* direndam selama 24 jam pada suhu konstant 60°C sebelum pembebanan diberikan. Uji perendaman ini mengacu pada AASHTO T.165-82 atau ASTM. D. 1075-76.

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal adalah prosentase nilai stabilitas campuran yang di rendam selama 24 jam (S_2) yang dibandingkan dengan nilai stabilitas campuran biasa (S_1), seperti tercantum pada persamaan 3.13 :

$$\text{Index of retained strength} = \frac{S_2}{S_1} \dots\dots\dots(3.13)$$

Keterangan :

S_1 = stabilitas setelah direndam selama 0.5 jam

S_2 = stabilitas setelah direndam selama 24 jam

Apabila indeks kekuatan lebih dari atau sama dengan 75% campuran dapat dikatakan memiliki tahanan kekuatan yang cukup memuaskan dari kerusakan atau pengaruh air, suhu, dan cuaca.

3.7. Indeks Penetrasi (PI)

Untuk menyatakan hubungan perubahan viskositas aspal terhadap temperatur umumnya dinyatakan dalam nilai indeks penetrasi (PI). Salah satu fungsi penggunaan *Polymer* jenis *Poly Ethylene* adalah untuk meningkatkan nilai indeks penetrasi. Nilai indeks penetrasi dapat mengindikasikan kepekaan aspal terhadap temperatur. Semakin tinggi nilai indeks penetrasi kepekaan temperatur semakin rendah, sebaliknya semakin rendah nilai indeks penetrasi kepekaan temperatur semakin tinggi.

Menurut *The Shell Bitumen Handbook* (1990) :

$$PI = \frac{1952 - 500 \log pen - 20SP}{50 \log pen - SP - 20} \dots\dots\dots (3.14)$$

Keterangan :

Pen = Nilai Penetrasi aspal

SP = titik lembek aspal

3.8. Uji Permeabilitas

Suparma (1997) menyatakan bahwa campuran dengan gradasi terbuka memiliki impermeabilitas rendah bila dibandingkan dengan campuran bergradasi rapat seperti beton aspal. Keadaan ini menunjukkan lapisan perkerasan rentan terhadap kerusakan dan pergerakan udara ini didalam perkerasan mengakibatkan oksidasi dan evaporasi pada bahan ikatnya. Masalah ini dapat diatasi dengan menambah kadar aspal sehingga dapat mempertinggi impermeabilitasnya.

Permeabilitas campuran beton aspal dapat diukur dengan dua nilai yaitu sebagai nilai K (cm^2) yang menunjukkan nilai impermeabilitasnya atau sebagai koefisien permeabilitas k (cm/det). Nilai koefisien permeabilitas dapat didekati dengan empiris yang sudah banyak digunakan dari analisa hidrolika. Menurut formula yang diturunkan dari hukum *Darcy* dalam Suparma (1997) adalah sebagai berikut :

$$Q = k \cdot i \cdot A \dots\dots\dots(3.15)$$

Persamaan diatas diturunkan menjadi :

$$k = \frac{q}{(i \cdot A)} \dots\dots\dots(3.16)$$

$$k = \frac{V \cdot L}{(h \cdot A \cdot T)} \dots\dots\dots(3.17)$$

$$k = \frac{V \cdot L \cdot \gamma_{\text{air}}}{(A \cdot P \cdot T)} \dots\dots\dots(3.18)$$

Keterangan :

$q = V/T =$ debit rembesan (cm^3/detik)

$V =$ Volume rembesan (cm^3)

$T =$ lama waktu rembesan terukur (detik)

$K =$ koefisien permeabilitas (cm/detik)

$I = h/L$ gradien hidrolik, parameter tak berdimensi.

$h = P/\gamma_{\text{air}} =$ selisih tinggi tekanan total (cm)

$P =$ tekanan air pengujian (dyne/cm^2)

$\gamma_{\text{air}} = \gamma_{\text{air}} \times g =$ berat unit ($9,807 \text{ dyne/cm}^3$)

$A =$ Luas penampang benda uji yang dilalui q cm^3/detik (cm^2)

Mullen (1967) dalam Fauziah, M (2001) menetapkan pembagian campuran aspal berdasarkan permeabilitas seperti tertera pada tabel 3.6.

Tabel 3.7. Klasifikasi Campuran Aspal Berdasarkan Angka Permeabilitas

k (cm/det)	Permeabilitas
1×10^{-8}	Kedap (<i>Impervious</i>)
1×10^{-6}	Hampir Kedap (<i>Practically Impervious</i>)
1×10^{-4}	Drainasi jelek (<i>Poor Drainage</i>)
100×10^{-4}	Drainasi sedang (<i>Fair Drainage</i>)
1000×10^{-4}	Drainasi baik (<i>Good Drainage</i>)

Sumber : Mullen (1967) dalam Fauziah, M (2001)

