

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu konstruksi diatas tanah dasar yang berfungsi untuk memikul beban laulu lintas.

Konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) perkerasan yaitu sebagai berikut :

1. Konstruksi Perkerasan lentur (*Flexible pavement*)

Bahan perkerasan lentur terdiri atas bahan ikat (aspal,tanah liat) dan batu.

Perkerasan ini umumnya terdiri atas tiga lapis atau lebih yaitu : Lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah dan tanah dasar.

2. Konstruksi perkerasan kaku (*Rigid pavement*)

Bahan perkerasan kaku menggunakan semen sebagai bahan ikat.

Perkerasan ini terdiri darai tiga lapisan yaitu : Lapis permukaan, lapis pondasi, tanah dasar.

3. Konstruksi perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Merupakan gabungan dari perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

Perkerasan komposit dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas permukaan lentur.

3.2 Bahan perkerasan

3.2.1 Agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuan atau kekuatan suatu konstruksi. Sifat tersebut ditinjau dari hal-hal sebagai berikut :

1. Ukuran butir agregat

Berdasarkan ukuran butiran agregat, agregat dapat dibedakan menjadi :

1.1 Agregat Kasar

Agregat kasar harus terdiri dari batuan atau kerikil pecah yang bersih, kering, kuat, awet dan bebas dari bahan lain yang mengganggu serta memenuhi persyaratan (Bina Marga, 1987), sebagai berikut :

- a. Ukuran butiran, agregat $> 4,75$ mm menurut ASTM atau > 2 mm menurut AASHTO.
- b. Keausan pada 500 putaran (PB-0206-76 Manual Pemeriksaan Bahan Jalan) :Maksimum 40%.
- c. Kelekatan dengan aspal PB-0205-76 MPBJ) :minimum 95%.
- d. Jumlah berat butiran tertahan saringan No. 4 yang mempunyai paling sedikit dua bidang pecah (visual) :minimum 50% (khusus untuk kerikil pecah).
- e. Indeks kepipihan/kelonjongan butiran tertahan 9,5 mm atau 3/8" (British Standars-812) :minimum 25%.
- f. Penyerapan air (PB-0202-76 MPBJ) : maksimum 3%.

- g. Berat jenis curah (bulk) (PB-0202-76 MPBJ) :minimum 2,5 (Khusus untuk terak).
- h. Bagian yang lunak (AASHTO T-189) :maksimum 5%.

Agregat yang digunakan harus dari sumber dan jenis yang sama

1.2 Agregat Halus

Agregat yang mempunyai ukuran butiran kecil disebut agregat halus dan secara umum agregat halus disebut pasir. Adapun syarat-syarat agregat halus (Bina Marga, 1987) seperti dibawah ini :

- a. Ukuran butir, agregat $< 4,75$ mm menurut ASTM atau < 2 mm dan $> 0,075$ mm menurut AASHTO.
- b. Terdiri dari pasir alam atau pasir buatan atau pasir terak atau gabungan dari bahan- bahan tersebut.
- c. Harus bersih, kering,kuat , bebas dari gumpalan-gumpalan lempung dan bahan-bahan lain yang mengganggu serta terdiri dari butir-butir yang bersudut tajam dan mempunyai permukaan yang kasar.
- d. Agregat halus yang berasal dari batu kapur pecah hanya boleh digunakan apabila dicampur dengan pasir alam dalam perbandingan yang sama kecuali pengalaman telah menunjukkan bukti bahwa bahan tersebut tidak mudah menjadi licin oleh lalu lintas.
- e. Agregat halus yang berasal dari batu kapur pecah hanya boleh digunakan apabila dicampur dengan pasir alam dalam perbandingan

yang sama kecuali pengalaman telah menunjukkan bukti bahwa bahan tersebut tidak mudah licin oleh lalu lintas.

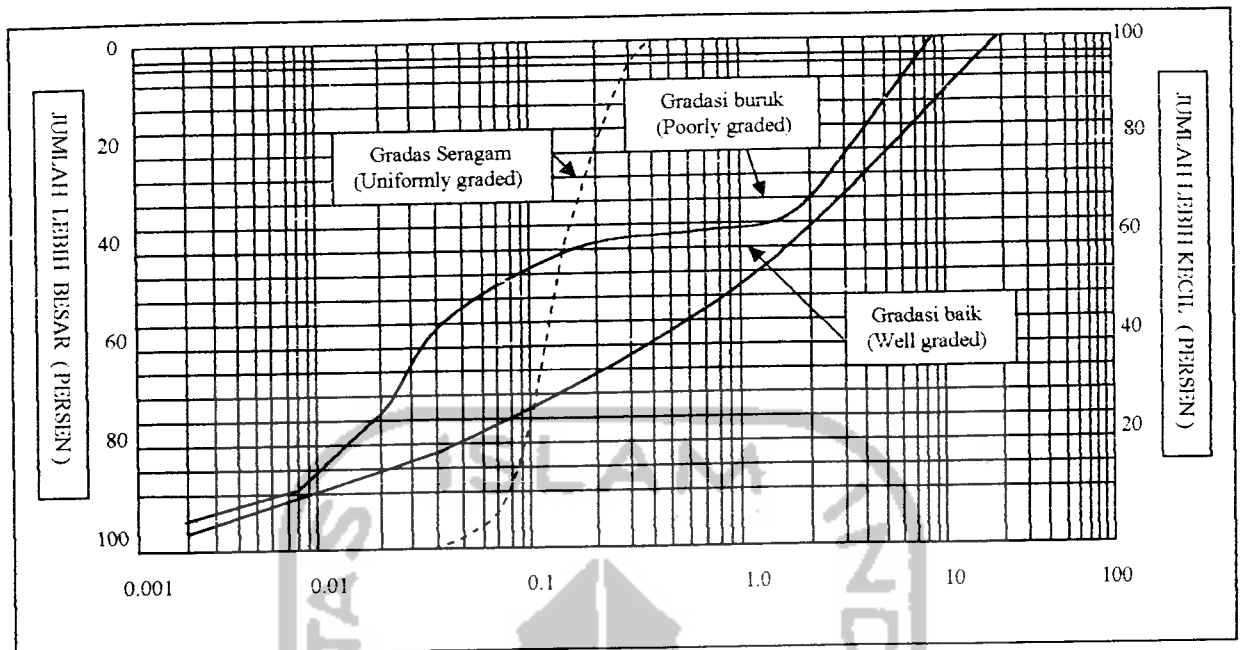
f. Agregat halus yang berasal dari hasil pemecahan batu, harus berasal dari batuan induk yang memenuhi persyaratan agregat kasar kecuali persyaratan 3 dan 4.

g. Agregat halus harus mempunyai ekivalen pasir minimum 50% (AASHTO-176).

2. Gradasi agregat

Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

- a. Gradasi seragam (*Uniform Graded*), adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama / sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam juga disebut gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.
- b. Gradasi rapat (*dense graded*), merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*Well graded*).
- c. Gradasi buruk / jelek (*poorly graded*), merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi 2 kategori diatas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah (*gap graded*).



Gambar 3.1 Grafik Pembagian Ukuran Butiran

3. Kebersihan

Kebersihan terhadap permukaan agregat halus diperhatikan karena sangat mempengaruhi kualitas dari campuran, karena lempung pembungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antar agregat dan aspal berkurang serta adanya lempung mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal bertambah.

4. Kekuatan dan kekerasan

agregat yang digunakan untuk lapis perkerasan haruslah mempunyai kekuatan dan kekerasan yang di syaratkan karena dapat mempengaruhi selama proses pencampuran, pemadatan, repetisi beban lalu lintas dan disintegrasi (penghancuran) yang terjadi selama masa pelayanan jalan tersebut.

5. Bentuk (*shape*)

agregat yang berbentuk kubus dan tajam merupakan bentuk agregat yang baik untuk digunakan, karena mempunyai kemampuan untuk saling mengunci oleh batuan yang baik. Dengan demikian untuk menahan gaya geser dan gaya hisap dari beban lalu lintas.

6. Tekstur Permukaan (*surface tekstur*)

permukaan yang kasar akan cenderung menambah kekuatan campuran perkerasan tetapi rongga yang terjadi juga lebih besar apabila dipadatkan sehingga untuk memudahkan pekerjaan perlu menambah aspal dan berpengaruh terhadap *workability* dan kekuatan lapis keras.

7. porositas

porositas berpengaruh terhadap kekuatan, kekerasan, dan jumlah pemakaian aspal dalam campuran. Semakin besar porositas batuan semakin kecil kekuatan dan kekerasannya serta semakin banyak aspal yang akan diserap.

8. Daya lekat terhadap aspal

Faktor yang mempengaruhi lekatan aspal dan agregat dapat dibedakan atas 2 bagian yaitu :(Sukirman S,1992)

a. Sifat mekanis yang tergantung dari :

1. Pori-pori dan absorpsi,
2. Bentuk dan tekstur permukaan,dan
3. Ukuran butir.

b. Sifat kimiawi dari agregat

Agregat berpori berguna untuk menyerap aspal sehingga ikatan antara aspal dan agregat baik. Tetapi terlalu banyak pori menyebabkan terlalu banyak aspal yang terserap yang dapat mengakibatkan lapisan aspal menjadi tipis.

Pada penelitian ini menggunakan gradasi menerus agregat campuran No.IV sesuai dengan cara PB-0121-76 MPBJ ,yang digunakan sebagai lapis permukaan. Sebagai mana yang tercantum pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Spesifikasi gradasi Menerus Agregat Campuran No. IV (LASTON)

No. Campuran	IV			
Gradasi/Tekstur	Rapat	Campuran (A)	Campuran (B)	Campuran (C)
Tebal Padat(mm)	25-50			
Ukuran Saringan	% BERAT			
YANG LOLOS SARINGAN				
1 1/2" (38,1 mm)	-			
1" (25,4 mm)	-			
3/4" (19,1 mm)	100	100	100	200
1/2" (12,7 mm)	80-100	90	90	90
3/8 (9,52 mm)	70-90	80	80	80
no.4 (4,76mm)	50-70	60	60	60
no. 8 (2,38 mm)	35-50	42.5	42.5	42.5
no.30 (0,59 mm)	18-29	23.5	23.5	23.5
no. 50 (0,279 mm)	13-23	18	18	18
no. 100 (0,149 mm)	8-16	12	12	12
no. 200 (0,074 mm)	4-10	4	6	8

Sumber : Bina Marga, 1987

3.2.2 Aspal

Aspal yang dipergunakan untuk lapisan beton aspal harus terdiri dari salah satu aspal penetrasi 60-70 yang seragam, tidak mengandung air, tidak berbusa jika dipanaskan sampai 175°C , dan memenuhi persyaratan yang tercantum pada tabel 3.2(Bina Marga,1987).

Tabel 3.2 Persyaratan Aspal Keras

Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan (MPBJ)	Persyaratan				Satuan
		Pen.60		Pen.80		
		Min	Max	Min	Max	
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	$^{\circ}\text{C}$
3. Titik Nyala	PA. 0303-76	200	-	225	-	$^{\circ}\text{C}$
4. Kehilangan berat (163°C ,5 5 jam)	PA. 0304-76	-	0.4	-	0.6	% Berat
5. Kelarutan (C_2HCL_3)	PA. 0305-76	99	-	99	-	% Berat
6. Daktilitas (25°C ,5 cm/mnt)	PA. 0306-76	100	-	100	-	Cm
7. Penetrasi setelah kehilangan berat	PA. 0301-76	75	-	75	-	%
8. Berat jenis (25°C)	PA. 0307-76	1	-	1	-	Gr/cc

Sumber : DPU, Dirjen Bina Marga, Laston No. 13/pt/b/1987

Fungsi aspal pada konstruksi perkerasan jalan adalah sebagai berikut ini :

1. Bahan Pengikat, memberi ikatan yang kuat antara aspal dengan agregat dan antara aspal itu sendiri.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada pada agregat itu sendiri.

Sifat-sifat aspal yang memengaruhi dominan terhadap perilaku lapis keras adalah :

1. Sifat Thermoplastis

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan lebih keras jika temperatur berkurang dan akan cair jika temperatur bertambah.

2. Sifat durability

Sifat durability aspal didasarkan pada daya tahan terhadap perubahan sifat apabila mengalami proses pelaksanaan konstruksi, pengaruh cuaca, dan akibat beban lalu lintas. Sifat utama durability adalah daya tahannya terhadap proses pengerasan.

3. Adhesi dan Kohesi

Adhesi merupakan kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah peningkatan.

3.2.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler yang digunakan harus kering dan bersih atau bebas dari bahan lain yang mengganggu.

Dari hasil penelitian kandungan kimia batu bentonit dari penambangan batu mempunyai spesifikasi :

Tabel 3.3 Sifat-Sifat Batu Bentonit

Berat Jenis	1.5 T/m ³
Kadar SiO ₂	83,91%
Kadar Al ₂ O ₃	2.97%

Sumber : PB Anindiya

Menurut Departemen Pekerjaan Umum, Petunjuk pelaksanaan laston No. 13/PT/B/1983, batu bata sebagai bahan pengisi (*filler*) adalah batu bata berbutir halus yang lolos saringan no.30 dimana prosentase berat butir yang lolos saringan No.200 minimum 70%.

3.3 Karakteristik Perkerasan

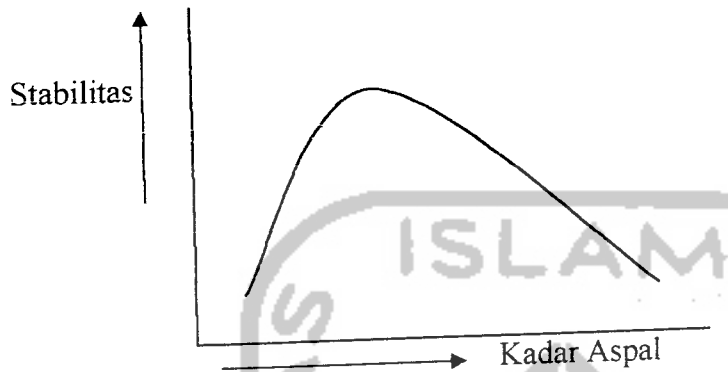
Karakteristik perkerasan yang baik adalah yang dapat memberikan pelayanan terhadap lalu lintas yang direncanakan, berupa keawetannya, kekuatannya, dan kenyamanannya serta tidak lepas dari mutu dan komposisi bahan penyusunnya, terutama pada perilaku aspal apabila berada dalam campuran perkerasan. Yang harus diperhatikan dalam karakteristik ini adalah :

3.3.1 Ketahanan (*Stabilitas*)

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. *Stabilitas* terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Angka *stabilitas* benda uji didapat dari pembacaan arloji *stabilitas* alat tekan *Marshall*. Angka *stabilitas* ini masih harus dikoreksi untuk memasukan nilai kalibrasi alat dan koreksi ketebalan benda uji, untuk digunakan dengan bantuan tabel koreksi benda uji.

Naiknya *stabilitas* bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal, sampai batas tertentu (*optimum*) dan turun setelah melampaui batas *optimum*, hal ini karena aspal

sebagai bahan ikat antar agregat dapat menjadi pelicin setelah melebihi batas optimum.



Gambar 3.2 Grafik Nilai Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh dengan persamaan 3.1.

$$s = \text{stabilitas} = o \times p \times q \text{ (kg, lbs)} \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan :

s = nilai stabilitas (kg,lbs)

o = pembacaan arloji stabilitas (kg,lbs)

p = kalibrasi profling

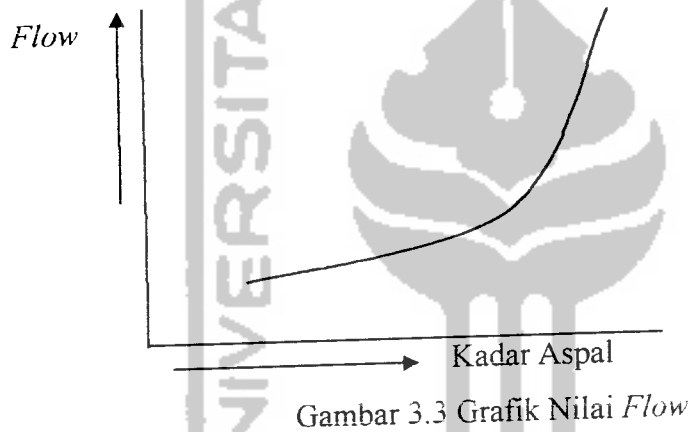
q = koreksi tinggi / tebal benda uji

3.3.2 Kelelehan plastis (*Flow*)

Flow adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi kestabilan mulai menurun. Pengukuran *flow* bersamaan dengan pengukuran nilai stabilitas *Marshall*.

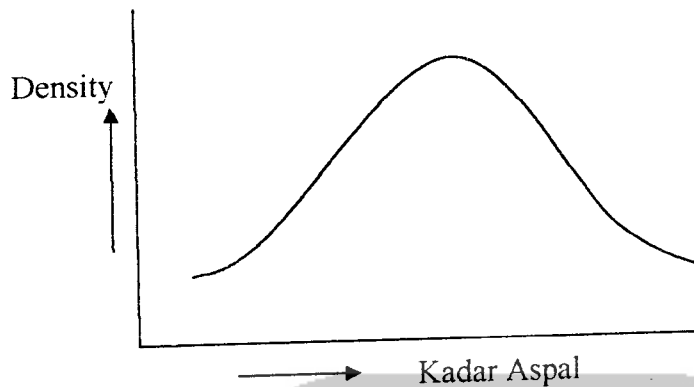
Nilai ini langsung terbaca pada arloji *flow* pada saat pengujian *Marshall*. Nilai *flow* pada arloji dalam satuan inch, maka harus dikonversi dalam milimeter. Nilai kelelahan yang disyaratkan adalah: (2-4)mm.

Besarnya penurunan (deformasi benda uji) campuran dengan angka kelelahan tinggi serta stabilitas rendah. Diatas batas maksimum akan cenderung bersifat plastis. Tetapi bila campuran dengan angka kelelahan rendah dan stabilitas tinggi dibawah batas optimum akan cenderung bersifat getas dan mudah retak bila ada pembeban



3.3.3 Kerapatan (*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 semakin meningkat dan turun setelah melampaui batas optimum.



Gambar 3.4 Grafik Nilai *Density*

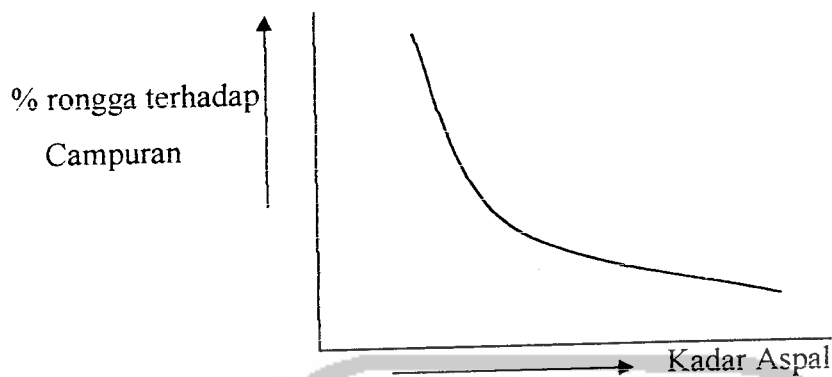
3.3.4 *Durabilitas*(Keawetan/Daya tahan)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *durabilitas* lapis aspal beton adalah :

- a. Selimut aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi tinggi.
- b. *VITM*(*Void In The Mix*) kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi getas.

VITM(*Void In The Mix*) adalah persentase antara rongga udara volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai *VITM* semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. *VITM* yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat berupa alur dan retak.



Gambar 3.5 Grafik Nilai VITM

- c *VMA (Void in Mineral Agregat)* besar, sehingga selimut aspal dapat dibuat tebal . Jika *VMA* dan *VITM* kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya bleeding besar. Untuk mencapai *VMA* yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.

3.3.5 *Fleksibilitas (Kelenturan)*

fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. *Fleksibilitas* yang tinggi dapat diperoleh dengan :

1. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh rongga antar butiran agregat (VFWA) yang besar,
2. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi tinggi),
3. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh *VITM* yang kecil.

3.3.6 *Skid Resistance* (Tahan Gesek)

Tahanan gesek adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik diwaktu hujan maupun diwaktu kering. Kesesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dan ban kendaraan

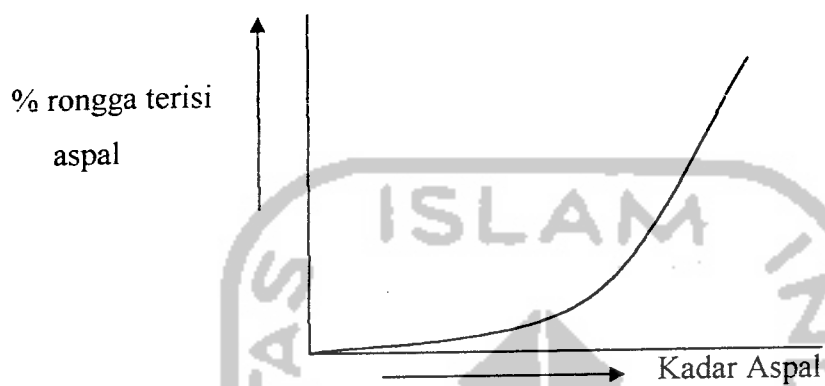
3.3.7 *Workability* (Kemudahan Pelaksanaan)

Workability adalah mudahnya suatu campuran untuk diolah, dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. Faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah sebagai berikut :

1. Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan dari pada agregat bergradasi lain.
2. Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis. Untuk hotmix bahan dipanasi sampai 170°C bagi agregat 160°C , serta akan menghasilkan campuran dengan suhu 160°C , selanjutnya bahan digelar dilapangan.
3. Kandungan bahan pengisi (*Filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih susah. (Silvia Sukirman,1999).

Sedangkan *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*) adalah nilai yang 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.



Gambar 3.6 Grafik nilai VFWA

Adapun nilai $VITM$, VMA , $VFWA$ dapat dilihat pada persamaan 3.2 sampai dengan persamaan 3.11 dibawah ini :

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \quad (3.2)$$

$$f = d - e \quad (3.3)$$

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.4)$$

$$i = \frac{bxg}{BJagregat} \quad (3.5)$$

$$j = \frac{(100 - b)g}{BJagregat} \quad (3.6)$$

$$I = VMA = 100 - j \quad (3.7)$$

$$M = VFWA = 100 \times \frac{i}{j} \quad (3.8)$$

$$k = (100 - i - j) \quad (3.9)$$

$$h = \frac{100}{\frac{\%agregat}{BJagregat} + \frac{\%aspal}{BJagregat}} \quad (3.10)$$

$$n = VITM = 100 - \left(100 \times \frac{g}{h}\right) \quad (3.11)$$

dengan :

a = persentase aspal terhadap batuan

b = persentase aspal terhadap campuran

c = berat benda uji sebelum direndam (gram)

d = berat dalam keadaan jenuh (gram)

e = berat dalam air (gram)

f = Vol (gram)

g = berat isi benda uji (gram)

h = Bj. Maksimum (teoritis)

j = Volume agregat terhadap benda uji (%)

k = jumlah kandungan rongga (%)

I = rongga terhadap agregat (VMA) (%)

m = rongga yang terisi aspal ($VFWA$) (%)

n = rongga yang terisi campuran ($VITM$) (%)

3.4 Uji Marshall

Apabila dilakukan cara *Marshall* (PC-02001-76 MPBJ) campuran lapis memenuhi persyaratan pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Persyaratan Campuran Lapis Aspal Beton

Sifat campuran	L.L Berat (2x75 tumb)		L.L Sedang (2x50 tumb)		L.L Ringan (2x35 tumb)	
	Min	Mak	Min	Max	Min	Max
Stabilitas (kg)	550	-	450	-	350	-
Kelelahan (mm)	2,0	4,0	2,0	4,5	2,0	5,0
Stabilitas / Kelelahan (kg/mm)	200	350	200	350	200	350
Rongga dalam campuran (%)	3	5	3	5	3	5
Rongga dalam agregat (%)	tbl3.5	tbl3.5	tbl3.5	tbl3.5	tbl3.5	tbl3.5
Indek perendaman	75	-	75	-	75	-

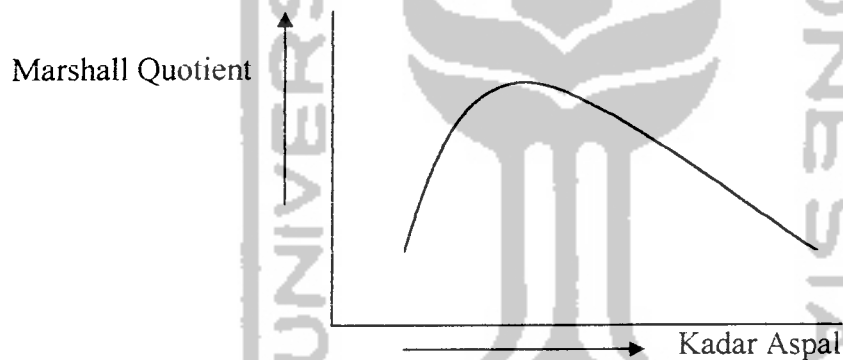
Sumber : Bina Marga, 1987

Jenis-jenis kepadatan lalu-lintas (Bina Marga, 1987).

1. Berat : Lebih besar 500 UE 18 KSAL/hari/jalur.
2. Sedang : 50 sampai 500 UE 18 KSAL/hari/jalur.
3. ringan : Lebih kecil 50 UE 18 KSAL/hari/jalur.

UE 18 KSAL atau Unit Equivalent 18 Kips Single Axle Load, adalah satuan ekivalent beban as tunggal kendaraan 18.000 pon / 8,16 ton.

Sedangkan untuk nilai *Marshall Quotient* didapat dengan membandingkan antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* (MQ) pada perencanaan perkerasan dengan metode *Marshall* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Fleksibilitas akan naik diakibatkan oleh penambahan kadar aspal dan akan turun setelah sampai batas optimum, yang disebabkan berubahnya fungsi aspal sebagai pengikat menjadi pelicin. Spesifikasi didapat berdasarkan spesifikasi stabilitas dan *flow*. Seperti ditunjukkan pada persamaan 3.12.



Gambar 3.7 Grafik nilai *Marshall Quotient*

$$MQ = \frac{\textit{stabilitas}}{\textit{flow}} (\textit{kg / mm}) \quad (3.12)$$

3.5 *Immersion Test*

Uji yang dilakukan hampir sama dengan uji *Marshall*, yang membedakan hanya pada waktu perendaman selama 24 jam dengan suhu perendaman 60°C.

