

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Hasil Penelitian Agregat

Spesifikasi *LASTON NO.13/PT/B/1983* dan hasil pemeriksaan yang dilakukan dilaboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, dicantumkan pada tabel nomor 6.1 s/d 6.3.

Tabel 6.1. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat kasar Batu Pecah di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, FTSDP UII

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Keausan dengan mesin Los Angeles	$\leq 40\%$	28,58%
2	Kelekatan terhadap aspal	$\geq 95\%$	100%
3	Peresapan agregat terhadap air	$\leq 3\%$	1,305%
4	Berat jenis semu	$\geq 2,5 \text{ gr/cc}$	2,699gr/cc

Tabel 6.2. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Batu Pecah di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, FTSDP UII

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Nilai Sand Equivalent	$\geq 50\%$	68,5%
2	Peresapan agregat terhadap air	$\leq 3\%$	1,0101%
3	Berat Jenis Semu	$\geq 2,5 \text{ gr/cc}$	2,525gr/cc

Tabel 6.3. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat CS dan KS.

Saringan	Min	Max	CS	KS
19,00 (3/4")	-	100	100	100
12,50 (1/2")	80	100	90	90
9,50 (3/8")	70	90	80	80
4,75 No 4	50	70	60	60
2,36 No 8	35	50	42,5	42,5
No 30	18	29	23,5	23,5
No 50	13	23	18	18
No 100	8	16	12	12
No 200	4	10	7	7
P A N	-	-	0	0

2. Hasil Penelitian Aspal

Spesifikasi *LASTON NO.13/PT/B/1983* dan hasil pemeriksaan yang dilakukan dilaboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, dicantumkan pada tabel 6.4.

Tabel 6.4. Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Aspal AC 60-70 di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, FTSDP UII

Jenis Pemeriksaan	Min	Max	Satuan	Hasil
1. Penetrasi (25°C, 5 detik)	60	79	0,1mm	72,2
2. Titik Lembek	48	58	°C	52
3. Titik Nyala	200	-	°C	338
4. Kehilangan berat (163°C, 5 jam)	-	0,4	%berat	.
5. Kelarutan (CCL4 atau CS2)	99	-	%berat	99,75
6. Daktilitas	100	-	cm	> 100
7. Penetrasi setelah kehilangan berat	75	-	%semula	
8. Berat Jenis	1	-	gr/cc	1

3. Hasil Penelitian Beton Aspal

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia diperoleh nilai-nilai *VITM*, *VFWA*, *Stabilitas*, *Flow* dan *Marshall Quotient*, seperti terdapat pada tabel 6.5. Hasil perhitungan Marshall dapat dilihat pada lampiran .

Tabel 6.5. Hasil Test Marshall dengan variasi Bentuk Batuan untuk Aspal AC 60-70

Karakteristik	Kode	Kadar Aspal(gr,%)				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
1. <i>VITM</i> (v,%)	CS	6,88	6,35	3,01	3,81	1,92
	KS	3,23	3,05	2,44	1,79	0,94
2. <i>VFWA</i> (v,%)	CS	57,67	61,69	74,88	79,99	91,50
	KS	74,24	76,62	80,92	85,99	90,37
3. <i>Stabilitas</i> (kg)	CS	1462	1695	1725	1181	1802
	KS	1843	1971	2006	2008	2242
4. <i>Flow</i> (mm)	CS	3,429	3,048	3,048	2,540	2,921
	KS	4,445	4,318	4,064	4,826	4,572
5. <i>MQ</i> (kg/mm)	CS	429,2	631,6	643,8	463,0	616,9
	KS	414,6	443,5	478,6	419,6	496,4

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil FTSDP UII

Contoh hitungan Test Marshall dengan Aspal 4,5% : CS

$$a = \% \text{ aspal terhadap batuan} = 4,5 \%$$

$$b = \% \text{ aspal terhadap campuran}$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \% = 4,31 \%$$

$$c = \text{berat sebelum direndam} = 1185 \text{ gr}$$

$$d = \text{berat dalam keadaan jenuh} = 1203 \text{ gr}$$

$$e = \text{berat dalam air} = 674 \text{ gr}$$

$$f = \text{isi} = d - e = 1203 - 674 = 529 \text{ ml}$$

$$g = \text{berat isi benda uji} = c/f = 1185/529 = 2,2401 \text{ gr/ml}$$

$$h = \text{berat jenis maksimum (teritorial)}$$

$$= \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{\text{Bj agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{Bj aspal}}} = \frac{100}{\frac{95,5}{2,5949} + \frac{4,5}{1}} = 2,4211 \text{ gr/cc}$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{Bj aspal}} = \frac{4,31 \times 2,2401}{1} = 9,6548$$

$$j = \frac{(100 - b)g}{\text{Bj agregat}} = \frac{(100 - 4,31)2,2401}{2,5949} = 82,6063$$

$$k = \text{jumlah kandungan rongga (\%)}$$

$$= 100 - i - j = 100 - 9,6548 - 82,6063 = 7,7389 \%$$

$$l = \% \text{ rongga terhadap agregat}$$

$$l = 100 - j = 100 - 82,6063 = 17,3937 \%$$

$$m = 100 \times (i/l)$$

$$= 100 \times (9,6548/17,3937) = 55,5075 \% \text{ (VFWA)}$$

$$n = 100 - 100 \times (g/h)$$

$$= 100 - 100 \times (2,2401/2,4211) = 7,4759 \% \text{ (VITM)}$$

$$o = \text{pembacaan arloji stabilitas} = 400$$

$$p = \text{koreksi pembacaan arloji stabilitas} = 1426$$

$$q = p \times z$$

$$= 1426 \times 0,8884 = 1266,9208 \text{ (Stabilitas)}$$

$$r = 3,556 \text{ mm (Flow)}$$

$$s = q/r = 1266,9208/3,556 = 356;2769 \text{ (QM)}$$

Untuk KS :

$$a = 4,5 \%$$

$$b = 4,31 \%$$

$$c = 1174 \text{ gr}$$

$$d = 1197 \text{ gr}$$

$$e = 696 \text{ gr}$$

$$f = d - e = 1197 - 696 = 501 \text{ gr}$$

$$g = c/f = 1174/501 = 2,3433$$

$$h = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{Bj \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{bj \text{ aspal}}} = \frac{100}{\frac{95,5}{2,5949} + \frac{4,5}{1}} = 2,4211$$

$$i = \frac{b \times g}{Bj \text{ aspal}} = \frac{4,31 \times 2,3433}{1} = 10,0996$$

$$j = \frac{(100 - b)g}{Bj \text{ agregat}} = \frac{(100 - 4,31)2,3433}{2,5949} = 86,4119$$

$$k = 100 - i - j = 100 - 10,0996 - 86,4119 = 3,4885$$

$$l = 100 - j = 100 - 86,4119 = 13,5881$$

$$m = 100 \times (i/l) = 100 \times (10,0996/13,5881) = 74,3266 \text{ (VFWA)}$$

$$n = 100 - 100 \times (g/h) = 100 - 100 \times (2,3433/2,4211) = 3,2134 \text{ (VITM)}$$

$$o = 530$$

$$p = 1882$$

$$q = p \times z = 1882 \times 0,9267 = 1743,8023 \text{ (Stabilitas)}$$

$$r = 4,826 \text{ (Flow)}$$

$$s = q/r = 1743,8023/4,826 = 361,3349 \text{ (QM)}$$

Keterangan :

CS : Campuran beton aspal yang menggunakan agregat 100% batu pecah

KS : Campuran beton aspal yang menggunakan agregat fraksi III (filler) adalah batu kapur

Hasil penelitian yang terdapat pada tabel 6.5 dibandingkan dengan persyaratan yang harus dipenuhi untuk nilai VITM, VFWA, Stabilitas dan Flow menurut *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) No. 13/PT/B/1983*, Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen PU, seperti tabel 6.6

Tabel 6.6. Persyaratan Marshall Test untuk LASTON

Jenis Pemeriksaan	Kepadatan Lalu Lintas		
	Berat	Sedang	Ringan
Stabilitas (kg)	750	650	460
Kelelahan (mm)	2 - 4	2 - 4,5	2 - 5
VITM	3 - 5	3 - 5	3 - 5
VFWA	75 - 82	75 - 85	75 - 85

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan LASTON NO. 13/PT/B/1983

Menurut Petunjuk Pelaksanaan LASTON untuk jalan raya SKBI-2.4.26.1987, kepadatan lalulintas terdiri dari tiga bagian, yaitu :

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.

Keterangan :

UE 18 KSAL atau Unit Equevalent 18 Kips Single Axle Load, adalah satuan ekuivalen beban as tunggal kendaraan 18000 pound atau setara dengan jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18000 lbs) pada jalur rencana pada pertengahan umur rencana.

B. Pembahasan

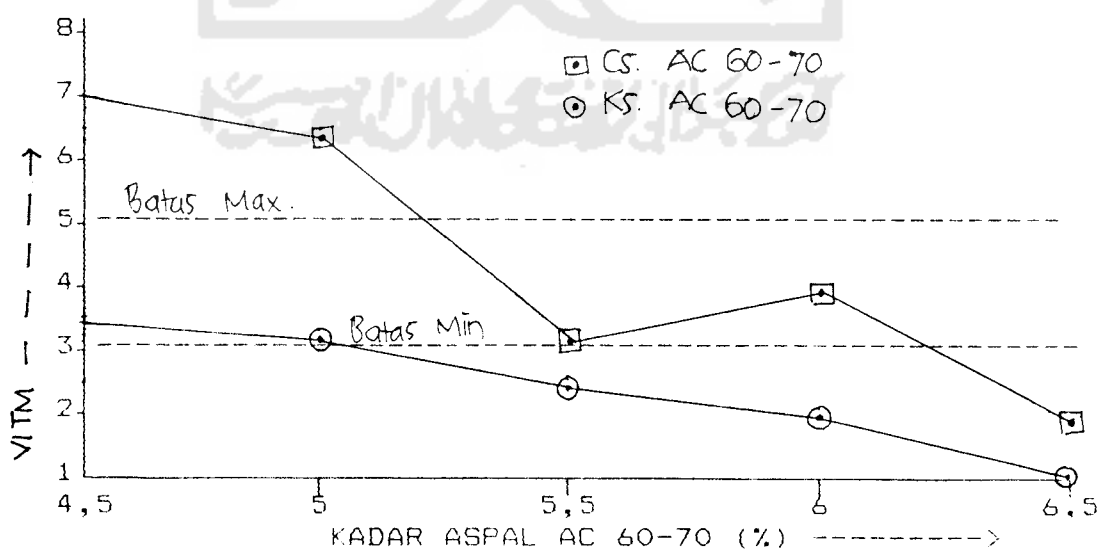
Setelah mengetahui nilai-nilai VITM, VFWA, flow dan Stabilitas dari hasil penelitian, maka akan dibahas mengenai pengaruh bentuk batuan terhadap jenis aspal AC 60-70. Untuk mendapatkan nilai VITM, VFWA, Flow dan Stabilitas pada lapis keras beton aspal, sehingga nantinya dapat menentukan jumlah aspal yang diperlukan untuk masing-masing variasi campuran, serta toleransi jumlah aspal yang dapat diambil.

1. Pengaruh Kadar Aspal Terhadap VITM

VITM (Void In The Mix = volume % rongga dalam campuran), menunjukkan banyaknya rongga yang ada dalam campuran. Nilai VITM dari beton aspal dipengaruhi oleh faktor-faktor bentuk batuan, tekstur permukaan, gradasi, jumlah dan jenis aspal serta faktor pemadatan. Gradasi yang rapat (dense graded) mempunyai rongga yang lebih kecil dari pada gradasi terbuka (open graded) maupun gradasi seragam (uniform). Faktor pemadatan, antara lain suhu dan jumlah tumbukan. Dari hasil penelitian pada gambar 6.1 terlihat bahwa nilai VITM turun dengan naiknya kadar aspal. Pada kadar aspal yang sama, campuran beton aspal yang menggunakan batu alam, VITM lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dari batu pecah mempunyai sifat mengunci (interlocking).

Nilai VITM sangat berpengaruh terhadap kekakuan campuran. Nilai VITM yang disyaratkan oleh Bina Marga

untuk beton aspal adalah 3 - 5 % (tabel 6.6). Lapis keras dengan VITM < 3% (terlalu rapat), mempunyai kekakuan (stiffness) yang tinggi. Lapis keras yang demikian, jika mendapat beban lalu lintas akan mudah mengalami retak-retak (cracking), karena tidak cukup lentur untuk menahan deformasi. Deformasi selain disebabkan oleh beban lalu lintas, dapat pula disebabkan oleh penurunan dasar perkerasan (subgrade). VITM juga erat kaitannya dengan durability. Lapis keras dengan VITM > 5% bersifat porus, mudah terjadi oksidasi karena mudah ditembus udara dan air. Proses oksidasi ini memberikan suatu lapis film aspal yang keras, yang menyebabkan aspal menjadi rapuh dan daya ikatnya kurang. Selain itu pada aspal yang teroksidasi timbul komponen yang larut dalam air apabila oksidasi terjadi terus menerus dan kena air, mengakibatkan kadar aspal semakin berkurang, sehingga durabilitas menurun.



Gambar 6.1. Grafik hubungan antara kadar aspal dan VITM

Dari gambar 6.1. di atas dicari rentang kadar aspal agar nilai VITM memenuhi persyaratan yang diberikan oleh Bina Marga. Kadar aspal yang memenuhi syarat untuk masing-masing campuran adalah sebagai berikut :

- a. Kode CS dengan kadar aspal 5,2 - 6,3 %
- b. Kode KS dengan kadar aspal 4,5 - 5,05%

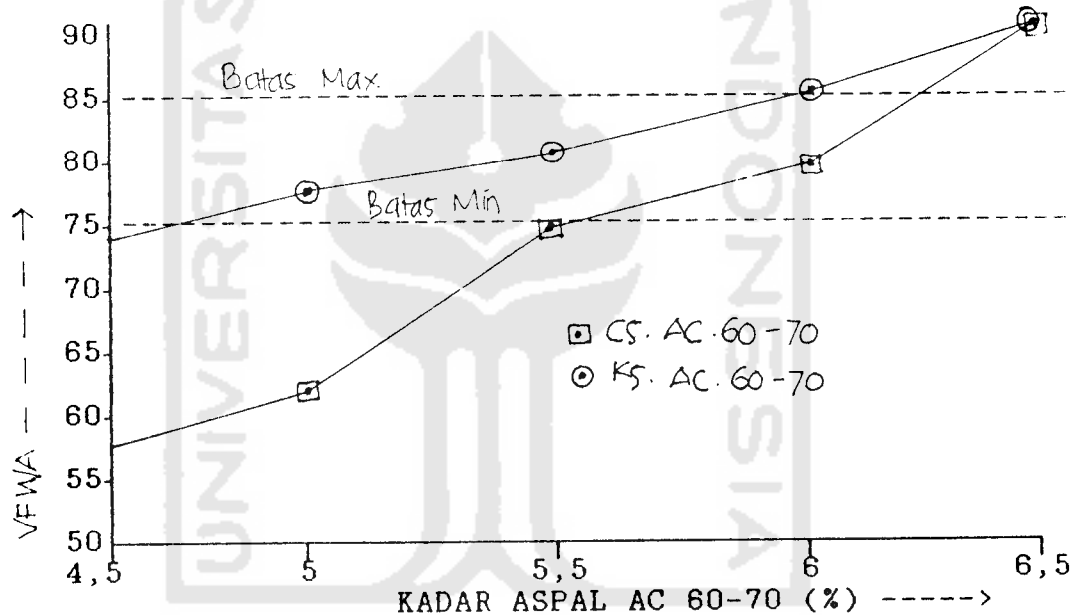
2. Pengaruh Kadar Aspal Terhadap VFWA

Nilai VFWA memperlihatkan persentase rongga yang ada pada campuran agregat yang terisi aspal. Faktor-faktor yang mempengaruhi VFWA antara lain gradasi, jumlah dan jenis aspal, pemadatan dan daya serap batuan, Nilai VFWA tinggi apabila jumlah aspal banyak, gradasi rapat dan pemadatan sempurna. Disini yang ditinjau pengaruh dari bentuk batuan terhadap jenis aspal AC 60-70.

Dari hasil penelitian pada gambar 6.2 terlihat bahwa nilai VFWA naik dengan bertambahnya kadar aspal. Pada kadar aspal yang sama, campuran beton aspal yang menggunakan 100% batu pecah (CS) mempunyai VFWA lebih kecil dari pada KS.

Nilai VFWA erat kaitannya dengan kekuatan ikatan campuran (adhesi), kedekatan terhadap udara dan air serta plastisitas campuran. Dengan kata lain nilai VFWA menentukan stabilitas, durabilitas dan fleksibilitas campuran. Nilai VFWA yang disyaratkan oleh Bina Marga sebesar 75%-85%. Beton aspal dengan VFWA terlalu rendah (<75%), daya ikatnya kurang, sehingga stabilitasnya rendah. Selain itu beton aspal yang VFWA-nya terlalu

rendah juga bersifat porus terhadap udara dan air, yang mengakibatkan mudah terjadi oksidasi, sehingga durabilitasnya rendah. Sebaliknya apabila VFWA terlalu tinggi, fleksibilitas campuran terlalu tinggi, sehingga mudah terjadi deformasi apabila menerima beban lalu lintas. VFWA yang terlalu tinggi juga memudahkan terjadinya *bleeding* yaitu lapisan aspal meleleh keluar.



Gambar 6.2 Grafik hubungan antara kadar aspal dan VFWA

Dari gambar 6.2 dicari rentang kadar aspal agar memenuhi syarat masing-masing campuran adalah :

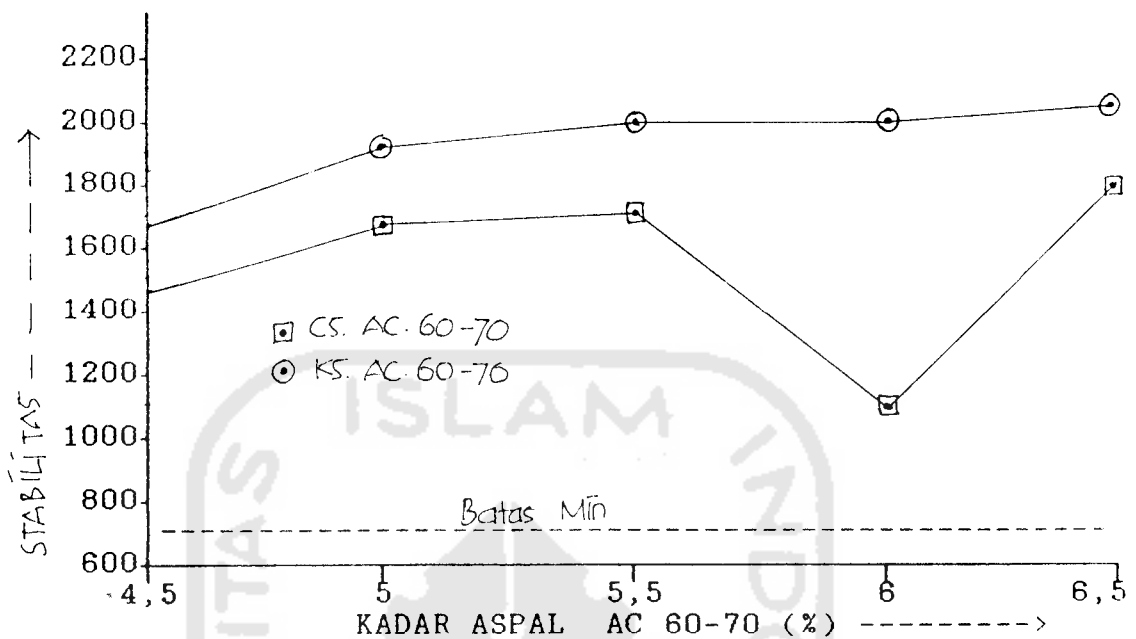
- a. Kode CS dengan kadar aspal 5,55 - 6,3 %
- b. Kode KS dengan kadar aspal 4,65 - 5,85%

3. Pengaruhi Kadar Aspal Terhadap Stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan perkerasan dalam menahan terjadinya deformasi akibat beban lalu lintas tanpa mengalami retak-retak. Stabilitas perkerasan yang terlalu tinggi menyebabkan campuran terlalu kaku sehingga mudah retak waktu menerima beban. Sebaliknya jika stabilitas terlalu rendah, maka perkerasan akan mudah mengalami deformasi oleh beban lalu lintas atau oleh perubahan bentuk *subgrade*. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh *internal friction* dan kohesi seperti yang telah diterangkan pada tinjauan pustaka.

Dari hasil penelitian pada gambar 6.3. tampak bahwa stabilitas naik tidak stabil dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu, kemudian jika kadar aspal terus ditambah nilai stabilitas justru turun. Pada penelitian ini yang membedakan antara campuran yang satu dengan yang lain adalah bentuk batuan, sedang gradasi dan kadar aspal sama, beton aspal yang menggunakan 100% batu pecah (CS) menghasilkan stabilitas yang rendah dibandingkan dengan beton aspal yang menggunakan agregat fraksi III batu kapur.

Dari grafik hubungan antara stabilitas dan kadar aspal terlihat pula bahwa pada campuran beton aspal yang menggunakan agregat fraksi III dari batu kapur, dengan penambahan kadar aspal kenaikan stabilitas tidak terlalu besar dibandingkan dengan campuran beton aspal yang menggunakan batu pecah.



Gambar 6.3. Grafik hubungan kadar aspal dan stabilitas

Nilai stabilitas yang disyaratkan oleh Bina Marga minimal sebesar 650 kg. Dari gambar 6.3 dapat dilihat bahwa semua campuran beton aspal yang menggunakan 100% batu pecah maupun agregat fraksi III (filler) Batu Kapur memenuhi persyaratan.

Dari gambar 6.3 diatas, dicari rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan Bina Marga. Kadar aspal yang memnuhi syarat untuk masing-masing campuran adalah:

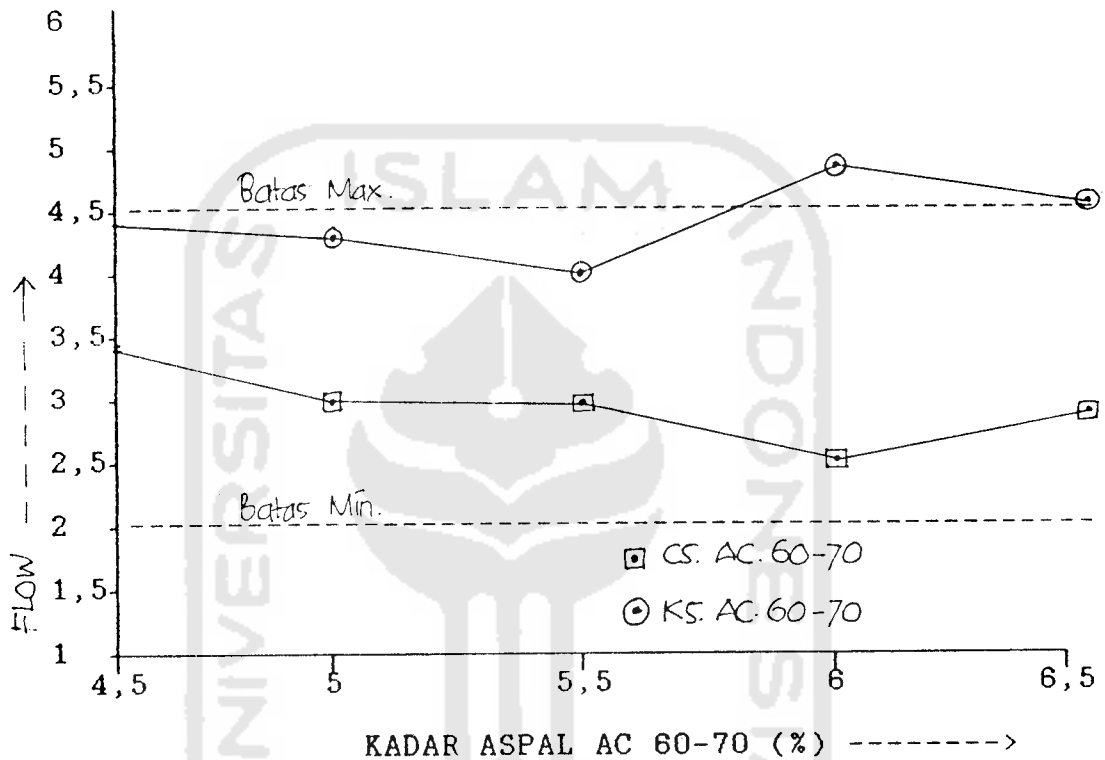
- a. Kode CS dengan kadar aspal 4,5 - 6,5 %
- b. Kode KS dengan kadar aspal 4,5 - 6,5 %

4. Pengaruh Kadar Aspal Terhadap FLOW

Tingkat kelelehan (flow) menyatakan besarnya deformasi benda uji. Campuran yang mempunyai angka kelelehan rendah dengan stabilitas tinggi, cenderung plastis dan mudah berubah bentuk bila mendapatkan beban lalulintas.

Nilai flow ditentukan beberapa faktor antara lain gradasi, kadar aspal, viskositas aspal, bentuk dan permukaan batuan. Pada penelitian ini, yang ditinjau pengaruh dari bentuk batuan dan jenis aspal.

Dari hasil penelitian pada gambar 6.4 tampak bahwa dengan penambahan kadar aspal, nilai flow juga berkurang. Hal ini merupakan konsekuensi logis bahwa dengan bertambahnya kadar aspal, campuran semakin plastis. Pada campuran beton aspal yang menggunakan batu pecah (CS), nilai flow lebih rendah daripada campuran yang menggunakan agregat fraksi III batu kapur (KS). Perbedaan besar flow pada campuran beton aspal yang jenis agregatnya berbeda ini disebabkan oleh kuat lekat aspal terhadap batuan. Kuat lekat pada batuan dipengaruhi oleh bentuk batuan dan *surface texture* batuan. Permukaan batuan yang kasar menyebabkan aspal lebih baik daya lekatnya daripada permukaan yang licin. Sesuai sifat aspal sebagai bahan pengikat, semakin banyak aspal menyelimuti batuan, semakin baik aspal mengikat batumannya, maka campuran beton aspal yang menggunakan batu kapur mempunyai kelelehan lebih rendah.



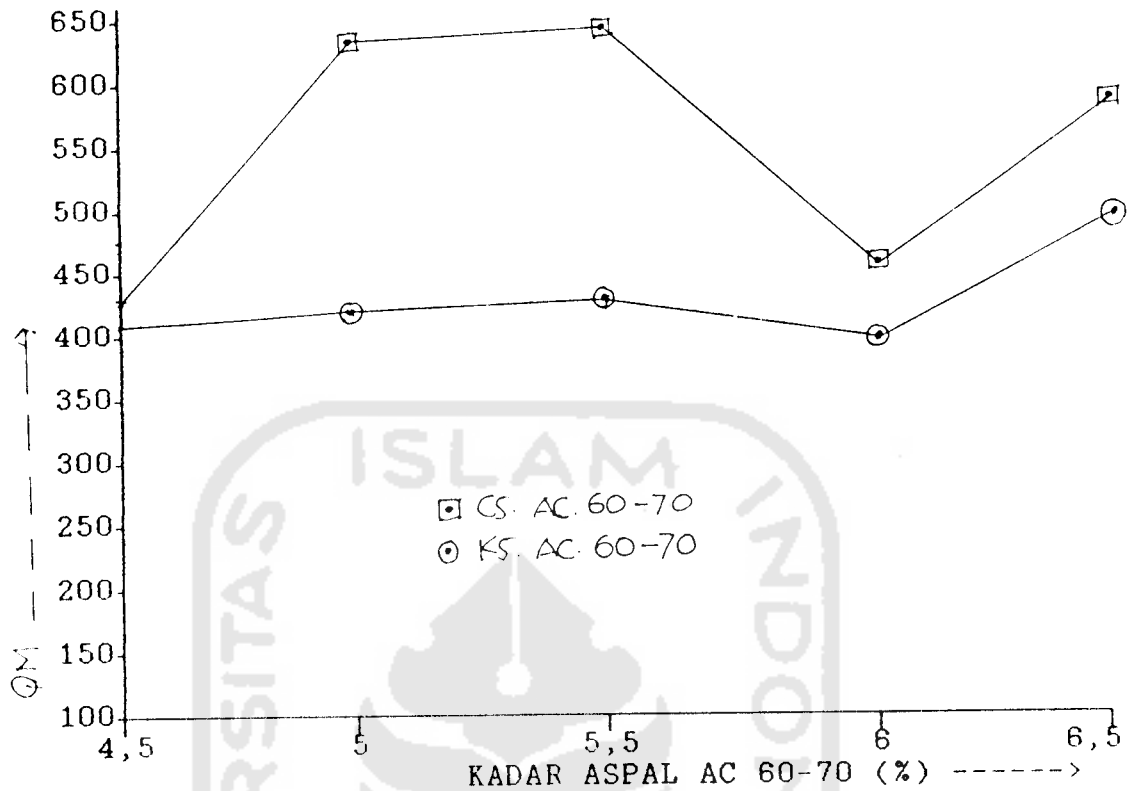
Gambar 6.4. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Flow

Nilai flow yang disyaratkan oleh Bina Marga sebesar 2 - 4,5 mm. Dari gambar 6.4, nilai flow yang memenuhi persyaratan adalah :

- a. Kode CS dengan kadar aspal 4,5 - 6,5%
- b. Kode KS dengan kadar aspal 4,5 - 5,8%

5. Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai "QM"

Nilai *Marshall Quotient* sangat tergantung dari stabilitas dan flow, karena nilai QM merupakan hasil bagi antara stabilitas dan flow.



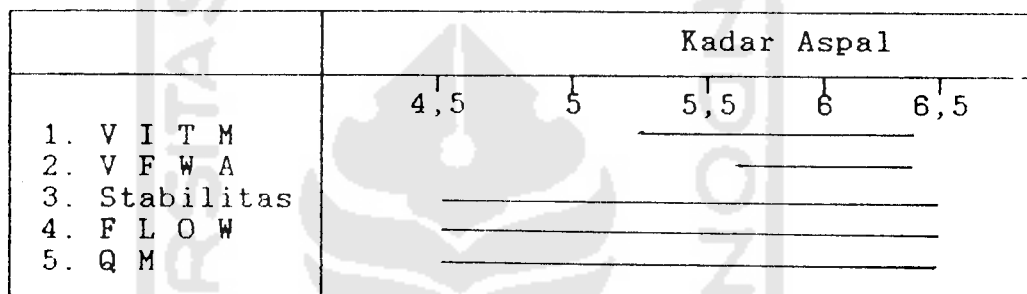
Gambar 6.5. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan QM

Pada gambar 6.5 terlihat bahwa nilai QM pada campuran yang menggunakan batu pecah (CS) lebih tinggi dari pada campuran yang menggunakan agregat fraksi III batu kapur karena beton aspal yang menggunakan batu pecah mempunyai stabilitas yang lebih tinggi.

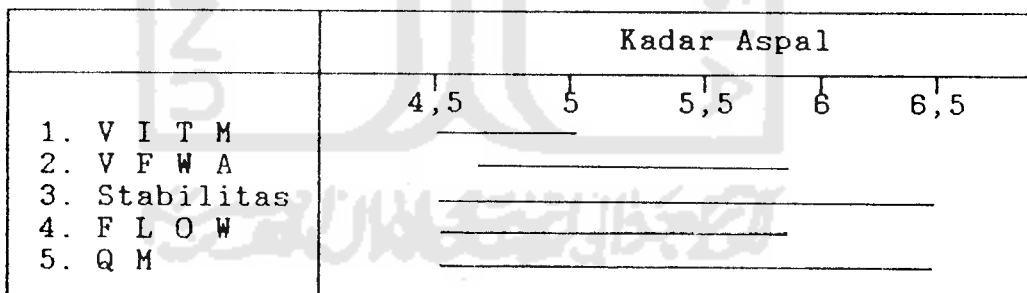
Untuk nilai QM ini Bina Marga tidak memberikan syarat. Lapis keras beton aspal dengan QM rendah, fleksibilitas terlalu tinggi, sehingga mudah mengalami deformasi apabila menerima beban lalulintas, sebaliknya jika QM terlalu tinggi, campuran bersifat kaku sehingga mudah mengalami retak-retak (*cracking*) apabila menerima beban lalulintas karena tidak cukup fleksibel.

6. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Setelah melihat grafik-grafik diatas, maka dapat ditentukan kadar aspal yang diperlukan (kadar aspal optimum) secara grafis, yaitu dengan cara rentang kadar aspal yang memenuhi syarat dari *VITM*, *VFWA*, *Stabilitas*, *QM* dan *Flow* tersebut diplotkan maka diperoleh kadar aspal yang paling menguntungkan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada gambar 6.6. dan 6.7. berikut ini :



Gambar 6.6. Penentuan Kadar Aspal Optimum CS



Gambar 6.7. Penentuan Kadar Aspal Optimum KS

Kadar aspal optimum diperoleh dengan mengambil nilai tengah dari rentang yang memenuhi persyaratan. Kadar aspal optimum untuk masing-masing campuran terdapat pada tabel 6.7.



Tabel 6.7. Kadar Aspal Optimum Masing-masing Campuran

Beton Aspal	Kadar Aspal(%)	
	Terhadap % berat agregat	Terhadap % Total Campuran
CS	5,925	5,5935
KS	4,850	4,6257

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium Jurusan Teknik Sipil FTSDP UII

Dari tabel 6.7 didapat bahwa kadar aspal optimum untuk batu pecah (CS) lebih tinggi daripada batu kapur (KS).