

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Bahan

6.1.1 Hasil Pengujian Agregat

Agergat yang digunakan adalah hasil *Stone Crusher* dari PT. Perwita Karya, Jogyakarta. Dari hasil pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia diperoleh data-data pemeriksaan terhadap agegat kasar dan agregat halus yang telah memenuhi persyaratan Bina Marga 1987 seperti tercantum pada tabel 6.1 sampai dengan tabel 6.2 Adapun hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran I.

Tabel 6.1 Hasil Pemeriksaan agregat kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat *)
1	Keausan Dengan mesin <i>Los Angeles</i>	21,14 %	$\leq 40 \%$
2	Kelekatan terhadap Aspal	98 %	$\geq 95 \%$
3	Peresapan air terhadap Agregat	1,99 %	$\leq 3,0 \%$
4	Berat Jenis Agregat Kasar	2,65	$\geq 2,5$

Sumber : Hasil Penelitian (2004) dan *) Bina Marga, 1987

Tabel 6.2 Hasil Pemeriksaan agregat halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat *)
1	Nilai <i>Sand Equivalent</i>	67,75 %	$\geq 50 \%$
2	Peresapan air terhadap Agregat	0,6 %	$\leq 3,0 \%$
3	Berat jenis Agregat halus	2,761	$\geq 2,5$

Sumber : Hasil Penelitian (2004) dan *) Bina Marga, 1987

6.1.2 . Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan adalah aspal keras AC 60/70 yang diproduksi oleh Pertamina Cilacap. Dari hasil pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia diperoleh data-data pemeriksaan yang telah memenuhi persyaratan Bina Marga 1987 seperti tercantum pada tabel 6.3. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.

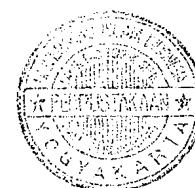
Tabel 6.3. Hasil pemeriksaan AC 60/70

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat		Satuan
			Min	Max	
1	Penetrasi	72,2	60	79	0,1 mm
2	Titik Lembek	55	48	58	°C
3	Titik Nyala	343	200	-	°C
4	Kelarutan CCL ₄	99 %	99	-	% Berat
5	Daktilitas (25° C, 5 cm/ menit)	340	100	-	Cm
6	Berat jenis (gr/cc)	1,25	1	-	-

Sumber : Hasil Penelitian (2004) dan *) Bina Marga, 1987

6.1.3 Hasil Pengujian Air Payau

Dari hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Pengujian untuk mengetahui kandungan kadar garam air payau dilakukan dengan cara membuat sampel triplo, dengan volume untuk setiap sampel air payau 25 ml kemudian dari ketiga sampel dicampur dengan volume AgNO₃ pada setiap sampel. Dari ketiga pengujian yang dilakukan diperoleh kadar garam rata-rata 0,3420 mgr/l. Adapun hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5



6.2 Hasil Pengujian *Marshall*

Dari hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium diperoleh nilai stabilitas dan *flow* (kelelehan), dan dengan analisa data yang ada dapat diperoleh nilai-nilai VITM (*Void In Total Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), dan MQ (*Marshall Quotient*). Tabel 5.4. dan Tabel 5.5. menyajikan secara ringkas hasil-hasil perhitungan test *Marshall*.

6.2.1. Campuran beton aspal dengan variasi kadar aspal

Hasil pengujian *Marshall* secara ringkas pada beton aspal dengan menggunakan aspal AC 60/70 untuk berbagai variasi kadar aspal tercantum pada tabel 6.4. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3.

Tabel 6.4. Hasil pengujian *Marshall* benda uji dengan kadar aspal bervariasi

Karakteristik	Syarat *)	Kadar aspal (%)				
		5	5,5	6	6,5	7
VFWA (%)	≥ 65	50,688	62,616	70,99	77,062	81,63
VITM (%)	3-5	9,101	6,220	5,042	3,744	3,016
Stabilitas(kg)	≥ 800	1129,13	2150,63	1639,89	1958,55	1824,29
<i>Flow</i> (mm)	≥ 2	2,21	3,20	3,55	3,93	3,87
MQ (kg/mm)	200-500	510,06	670,74	461,96	499,24	471,34

Sumber : Hasil Penelitian (2004) dan *) Bina Marga, 1998

Dari data pada tabel 6.4. maka didapat kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,5 %.

6.2.2 Campuran beton aspal rendaman air payau pada KAO

Hasil pengujian *Marshall* pada campuran beton aspal dengan perendaman air payau pada KAO untuk berbagai variasi lama perendaman tercantum pada tabel

6.5. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4.2.

Tabel 6.5. Hasil pengujian *Marshall* campuran beton aspal dengan perendaman air payau pada KAO dengan berbagai variasi lama perendaman

Karakteristik	Syarat *)	Variasi lama perendaman air payau (Jam)				
		0	3	6	12	24
VFWA (%)	≥ 65	77,062	77,230	77,410	77,450	78,710
VITM (%)	3-5	3,744	3,540	2,570	1,350	1,207
Stabilitas (kg)	≥ 800	1958,55	1853,08	1842,46	1747,99	1370,92
Flow (mm)	≥ 2	3,93	3,30	2,90	2,80	2,30
MQ (kg/mm)	200-500	498,30	510,64	570,58	574,00	684,50

Sumber : Hasil Penelitian (2004) dan *) Bina Marga, 1998

6.3 Sifat Fisik Bahan

Agregat yang digunakan dalam campuran beton aspal adalah hasil *stone crusher* dari PT. Perwita Karya, Yogyakarta. Hasil pemeriksaan Laboratorium untuk agregat kasar dan agregat halus menunjukkan bahwa karakteristik agregat dapat memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun campuran beton aspal. Hasil pemeriksaan tersebut dapat dilihat pada tabel 6.1. dan tabel 6.2.

Pengujian terhadap tingkat keausan agregat dengan menggunakan mesin *Los Angeles* dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat terhadap keausan. Agregat yang akan digunakan dalam campuran merupakan komponen yang mendukung beban sehingga diperlukan agregat yang tahan terhadap keausan oleh gesekan dari roda kendaraan di jalan. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai keausan sebesar 21,14 %, jauh lebih rendah dibandingkan dengan persyaratan (<40 %).

Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal bertujuan untuk mengetahui besarnya kemampuan agregat untuk dapat dilekati oleh aspal. Daya lekat ini akan mempengaruhi *internal friction* campuran. Semakin besar daya lekat agregat terhadap aspal maka *internal friction* akan semakin meningkat, sehingga stabilitas akan semakin menurun.

Pengujian *Daktilitas* bertujuan untuk mengetahui keliatan atau *kohesi* dalam aspal itu sendiri yang dapat menggambarkan *fleksibilitas* campuran. *Fleksibilitas* campuran menunjukkan kemampuan campuran untuk menahan lendutan tanpa

Pengujian *Daktalitas* bertujuan untuk mengetahui keliatan atau *kohesi* dalam aspal itu sendiri yang dapat menggambarkan *fleksibilitas* campuran. *Fleksibilitas* campuran menunjukkan kemampuan campuran untuk menahan lendutan tanpa mengalami kerusakan. Hasil pemeriksaan *daktalitas* menunjukkan nilai 340 cm, lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan (> 100 cm).

Berat jenis aspal dapat diketahui untuk merancang campuran antara agregat dan aspal. Hasil pengujian berat jenis menunjukkan nilai sebesar 1,25, sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan yaitu sebesar $> 1,00$.

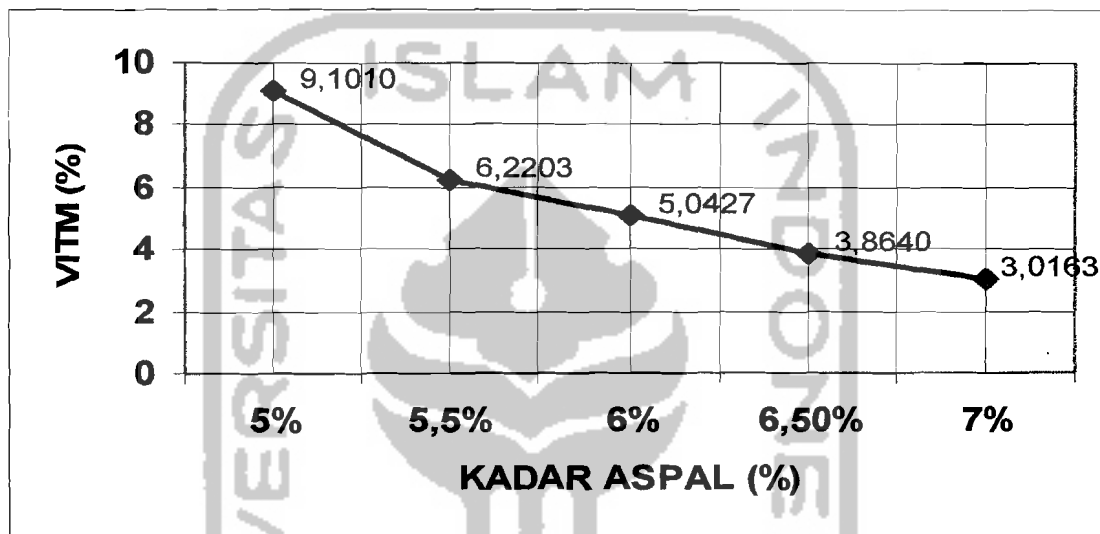
6.4 Karakteristik *Marshall* campuran beton aspal

6.4.1 Pengaruh kadar aspal terhadap nilai VITM (*Voids In The Mix*) campuran beton aspal

VITM (*Voids In The Mix*) menyatakan prosentase rongga dalam campuran total. Nilai VITM dapat mengindikasikan tingkat kekedapan campuran. Semakin besar rongga dalam campuran menunjukkan campuran makin kurang kedap terhadap udara dan air, sehingga campuran akan lebih mudah teroksidasi dan diresapi. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan pada perkerasan. Besarnya nilai VITM sangat dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi batuan dan cara pemadatan.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VITM dapat dilihat pada gambar 6.1. dan tabel 5.4. Dapat dilihat bahwa penambahan kadar aspal akan menurunkan nilai VITM, hal ini disebabkan karena rongga antar butiran masih cukup besar

sehingga pada setiap penambahan kadar aspal, aspal masih cukup mudah untuk masuk kedalam rongga-rongga campuran sehingga campuran menjadi semakin rapat dan nilai VITM menjadi semakin kecil.



Gambar 6.1. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VITM

Nilai VITM yang disyaratkan oleh Bina Marga (1998) adalah 3-5 %.

Perkerasan yang memiliki VITM terlalu rendah ($< 3\%$) akan mudah mengalami *bleeding*. Hal ini terjadi pada saat temperatur perkerasan tinggi, aspal yang mencair bila menerima beban akan mencari tempat yang kosong dan mudah ditembus. Dengan nilai VITM yang rendah berarti rongga yang ada dalam campuran kecil, sehingga tidak tersedia ruang yang cukup dan mengakibatkan aspal naik ke permukaan. Sebaliknya bila VITM yang terlalu besar ($> 5\%$) akan mengurangi kekedapan campuran, sehingga keawetan perkerasan menjadi menurun. Dengan

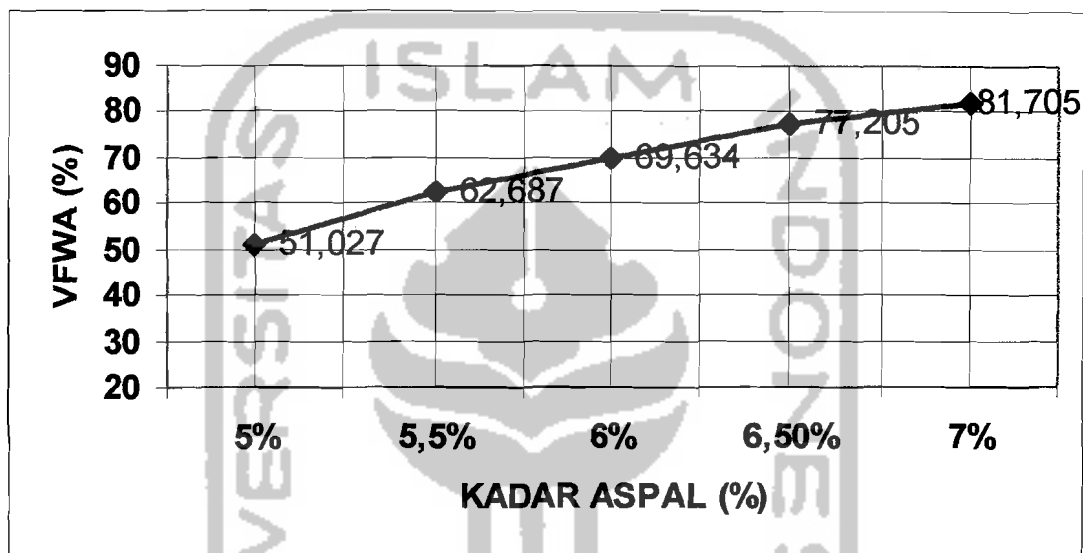
demikian nilai VITM yang didapat dari hasil pengujian yang sesuai dengan persyaratan Bina Marga adalah pada kadar aspal 6 % - 7 %.

6.4.2 Pengaruh kadar aspal terhadap nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*) campuran beton aspal

Nilai VFWA menunjukkan besarnya rongga yang dapat terisi aspal. Besarnya nilai VFWA menentukan tingkat keawetan campuran. Semakin besar nilai VFWA berarti rongga yang terisi aspal semakin besar sehingga kedapapan campuran semakin besar. Nilai VFWA yang terlalu besar akan menyebabkan terjadinya *bleeding* pada saat temperatur tinggi, yang disebabkan VITM yang terlalu kecil, sehingga apabila perkerasan menerima beban maka aspal akan naik ke permukaan. Sebaliknya nilai VFWA yang terlalu kecil akan menyebabkan kedapapan perkerasan semakin kecil sehingga air dan udara akan dapat mengoksidasi aspal dalam campuran dan keawetan campuran menjadi berkurang.

Hubungan antara variasi kadar aspal dengan nilai VFWA dapat dilihat pada gambar 6.2. dan tabel 5.4. Dapat dilihat bahwa semakin besar kadar aspal ternyata nilai VFWA campuran beton aspal semakin besar. Hal ini disebabkan karena rongga antar butiran masih cukup besar sehingga pada setiap penambahan kadar aspal, aspal masih cukup mudah untuk masuk ke dalam rongga-rongga campuran sehingga campuran menjadi semakin rapat dan nilai VFWA menjadi semakin besar.

Nilai VFWA yang disyaratkan oleh Bina Marga (1998) adalah $\geq 65\%$. Dengan demikian campuran beton aspal dengan kadar 69,634 % - 81,705 % memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.



Gambar 6.2. Grafik hubungan antar kadar aspal dengan nilai VFWA

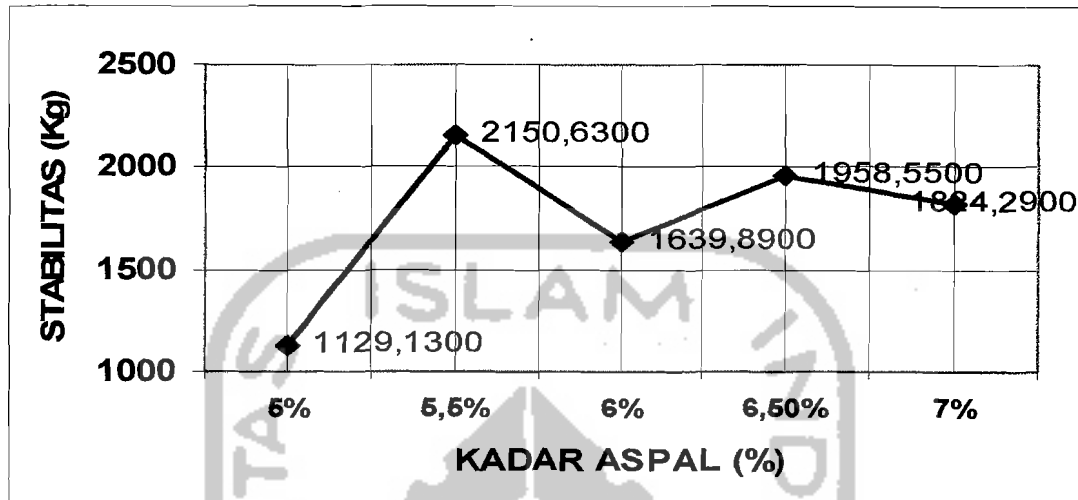
6.4.3 Pengaruh kadar aspal terhadap nilai stabilitas campuran aspal beton aspal

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa terjadinya deformasi. Perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan campuran terlalu kaku sehingga akan mudah terjadi retak-retak pada waktu menerima beban. Sebaliknya dengan stabilitas yang rendah maka perkerasan akan mudah mengalami *rutting* oleh beban lalu lintas atau oleh

perubahan bentuk *subgrade*. Besarnya nilai stabilitas dipengaruhi oleh *frictional resistance* dan *interlocking* yang terjadi antara partikel agregat dan *kohesi* campurannya. Kekuatan *kohesi* bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat, tetapi apabila telah tercapai nilai optimum maka penambahan kadar aspal akan menyebabkan penurunan stabilitas.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada gambar 6.3. dan tabel 5.4. Dapat dilihat bahwa nilai stabilitas naik pada kadar aspal 5 %, selanjutnya pada kadar aspal 5,5 % nilai stabilitas mulai turun. Stabilitas optimum terjadi pada kadar aspal antara 5 % sampai dengan 5,5 % dengan stabilitas optimum sebesar 2150,63 kg.

Naiknya nilai stabilitas disebabkan oleh bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat sehingga *kohesi* campuran bertambah, kerapatan campuran meningkat sehingga meningkatkan bidang kontak antar agregat dan meningkatkan *interlocking* antar agregat dan selanjutnya akan meningkatkan nilai stabilitas campuran. Sedangkan penurunan nilai stabilitas disebabkan karena aspal yang awalnya berfungsi sebagai pengikat agregat, berubah fungsinya menjadi pelicin setelah melewati nilai optimum sehingga *film* aspal menjadi tebal dan mengakibatkan turunnya lekatan dan gesekan antar agregat dan bermuara pada turunnya nilai stabilitas campuran.



Gambar 6.3. Grafik hubungan antar kadar aspal dengan nilai stabilitas

Nilai stabilitas yang disyaratkan oleh Bina Marga (1998) untuk campuran beton aspal adalah ≥ 550 kg. Dengan demikian semua campuran beton dengan kadar aspal 5 % sampai dengan 7 % memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai stabilitas minimum dari semua kadar aspal dicapai pada kadar aspal 5 % dengan nilai stabilitas sebesar 1129,13 kg.

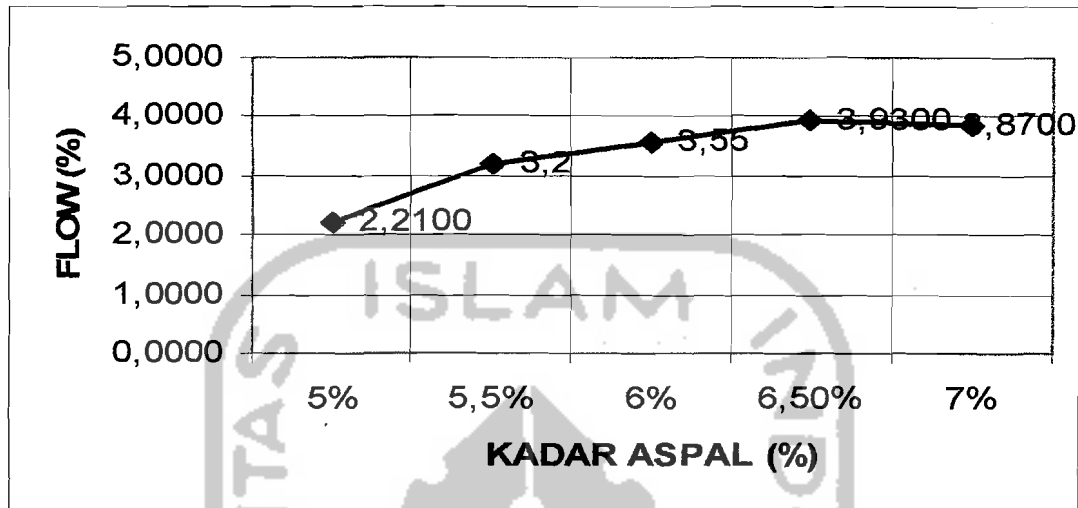
6.4.4 Pengaruh kadar aspal terhadap nilai *flow* (kelelehan) campuran beton aspal

Flow atau kelelehan adalah besarnya deformasi yang terjadi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi dari campuran perkerasan akibat beban yang bekerja padanya. Nilai *flow* campuran dipengaruhi oleh kadar dan *viskositas* aspal, gradasi agregat serta jumlah dan

temperatur pemadatan. Campuran yang memiliki kelelahan tinggi dengan nilai stabilitas rendah cenderung bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk apabila mengalami pembebanan lalu lintas, sedangkan campuran dengan kelelahan rendah dan stabilitas yang tinggi cenderung bersifat getas.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *flow* dapat dilihat pada gambar 6.4. dan tabel 5.4. Dapat dilihat bahwa dengan penambahan kadar aspal nilai *flow* cenderung meningkat. Kenaikan nilai *flow* ini disebabkan karena dengan penambahan kadar aspal maka campuran menjadi semakin plastis, sehingga besarnya deformasi pada saat menerima beban meningkat.

Nilai *flow* yang disyaratkan oleh Bina Marga (1998) untuk campuran beton aspal adalah ≥ 2 mm. Campuran dengan nilai *flow* lebih kecil dari 2 mm mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga perkerasan mudah mengalami retak. Sebaliknya campuran dengan nilai *flow* yang terlalu tinggi akan mengakibatkan perkerasan memiliki deformasi yang semakin tinggi. Dari hasil penelitian nilai *flow* yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan pada kadar aspal 5 % - 7 %.



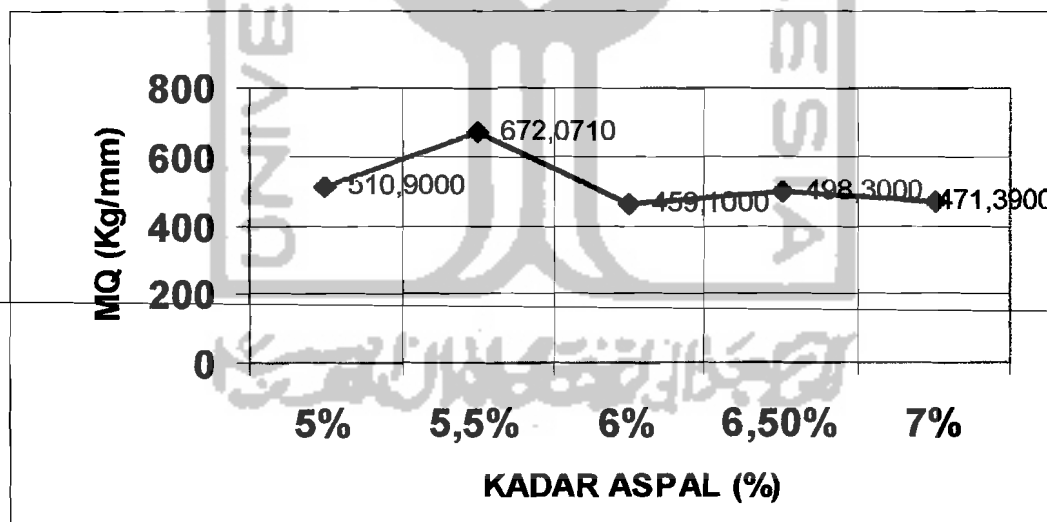
Gambar 6.4. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *Flow*

6.4.5 Pengaruh Kadar aspal terhadap Nilai MQ (*Marshall Quotient*) Campuran aspal Beton

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall quotient* ini dapat mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas campuran dari suatu campuran. Campuran yang memiliki nilai *Marshall Quotient* terlalu tinggi berarti campuran kaku dan fleksibilitasnya rendah sehingga campuran akan lebih mudah mengalami retak-retak (*cracking*). Sebaliknya campuran yang memiliki nilai *Marshall Quotient* yang terlalu rendah campuran akan bersifat fleksibel, lentur dan cenderung menjadi plastis sehingga mudah mengalami deformasi pada saat menerima beban lalu lintas. Besarnya nilai *Marshall Quotient* tergantung dari besarnya nilai stabilitas yang dipengaruhi *frictional resistance* dan *interlocking* yang terjadi antara agregat dan kohesi

campurannya serta nilai *flow* yang dipengaruhi oleh kadar *viskositas* aspal, gradasi agregat dan jumlah dari temperatur pemadatan.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada gambar 6.5 dan 5.4 . Dapat dilihat penambahan kadar aspal dari 5,5 % sampai 7 % nilai *Marshall Quotient* cenderung menurun. Kenaikan nilai MQ pada campuran beton aspal disebabkan oleh bertambahnya kadar aspal sehingga *kohesi* antar agregat meningkat dan mengakibatkan campuran menjadi semakin kaku. Sedangkan penurunan nilai MQ pada campuran aspal beton disebabkan campuran menjadi bersifat plastis dengan penambahan kadar aspal.



Gambar 6.5. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Marshall Quotient*

6.5 Penentuan kadar aspal optimum Campuran Beton Aspal

Spesifikasi yang digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum untuk campuran beton aspal grading IV adalah spesifikasi Bina Marga 1998. Kadar aspal optimum campuran beton aspal ditentukan dengan cara grafis yang dapat dilihat pada tabel 6.1. Dari tabel 6.1 dapat diketahui kadar aspal optimum sebesar 6,5 %.

Tabel 6.5. Kadar Aspal Optimum Campuran Beton Aspal

Kadar Aspal (%) Spec.	5	5,5	6	6,5	7
Density (≥ 2 gr/cc)					
VITM (3-5 %)					
Stabilitas (≥ 800 kg)					
Flow (> 2 mm)					
MQ (200-500 kg/mm)					
VFWA (≥ 65 %)					

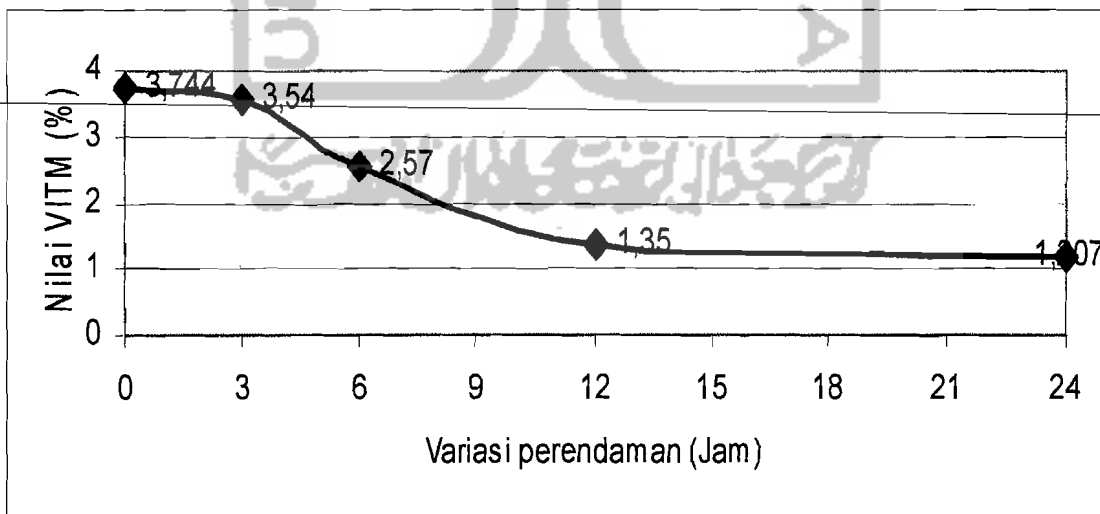
$$KAO = \frac{1}{2}(6+7) \longrightarrow 6,5 \%$$

6.6 Pengaruh perendaman air payau terhadap karakteristik *Marshall*

6.6.1 Pengaruh perendaman air payau terhadap VITM

Dari hasil penelitian didapatkan hubungan variasi lama perendaman air payau dengan nilai VITM pada kadar optimum dengan variasi perendaman 0 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam dan 24 jam ditunjukkan pada tabel dan gambar 6.6. berikut ini :

Lama Perendaman (Jam)	VITM (%)
0	3,744
3	3,54
6	2,57
12	1,35
24	1,207



Gambar 6.6 Hubungan antara variasi perendaman dengan VITM

Dari hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa semakin lama campuran AC mengalami rendaman terhadap air payau akan mengakibatkan penurunan nilai VITM, ini disebabkan oleh rongga yang ada sudah terisi oleh aspal yang meleleh sehingga jumlah rongga dalam campuran akan menurun yang disebabkan dari proses oksidasi yang terjadi, dimana proses ini mengakibatkan panas. disamping itu proses penipisan dan pelepasan *film* aspal (melarutnya *asphaltenes* kedalam *oils*) juga terjadi sehingga campuran akan mempunyai kekakuan yang cukup tinggi, kekakuan yang tinggi dapat mengakibatkan campuran mudah retak dalam menerima deformasi sehingga sifat *adhesi* aspal akan berkurang yang akan mengakibatkan pelepasan butiran antar agregat. Pada saat yang sama agregat yang berasal dari batuan *vulkanik* yang mengandung lapisan *silica* mengakibatkan pelepasan *film* aspal yang menyelimuti disekelilingnya, sehingga terjadi rongga udara baru tapi dalam prosentase yang semakin mengecil berbanding dengan semakin lama mengalami rendaman air payau.

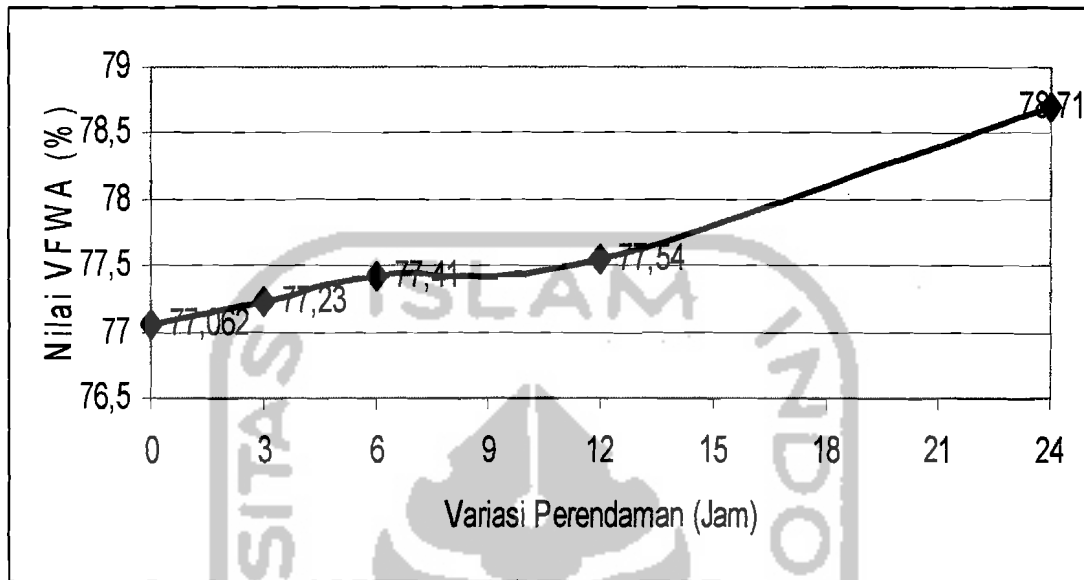
Spesifikasi Teknis Bina Marga Dan Puslitbang Jalan (1998) mensyaratkan khusus untuk nilai VITM pada campuran AC yaitu 3 % - 5 %. Nilai VITM yang kurang dari 3 % dengan kadar aspal yang tinggi akan menyebabkan campuran mudah terjadi deformasi dalam menerima beban, ini terjadi setelah campuran AC mengalami perendaman air payau selama lebih dari 6 jam. Apabila rongga dalam campuran terlalu kecil, pada suhu yang tinggi aspal mengalami penurunan *viskositas* sehingga jika mengalami pembebanan aspal akan menuju gerak ruang

kosong, jika ruang kosong atau rongga ini terlalu kecil dan tidak tersedia rongga yang cukup bagi aspal tersebut maka aspal akan naik kepermukaan. Peristiwa inilah yang disebut *bleeding*.

6.6.2 Pengaruh perendaman air payau terhadap VFWA

Dari hasil penelitian didapatkan hubungan variasi lama perendaman air payau dengan nilai VFWA pada kadar optimum dengan variasi perendaman 0 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam dan 24 jam ditunjukkan pada tabel dan gambar 6.7.berikut ini :

Lama Perendaman (Jam)	VFWA (%)
0	77,062
3	77,230
6	77,410
12	77,450
24	78,710



Gambar 6.7 Hubungan antara variasi perendaman dengan VFWA

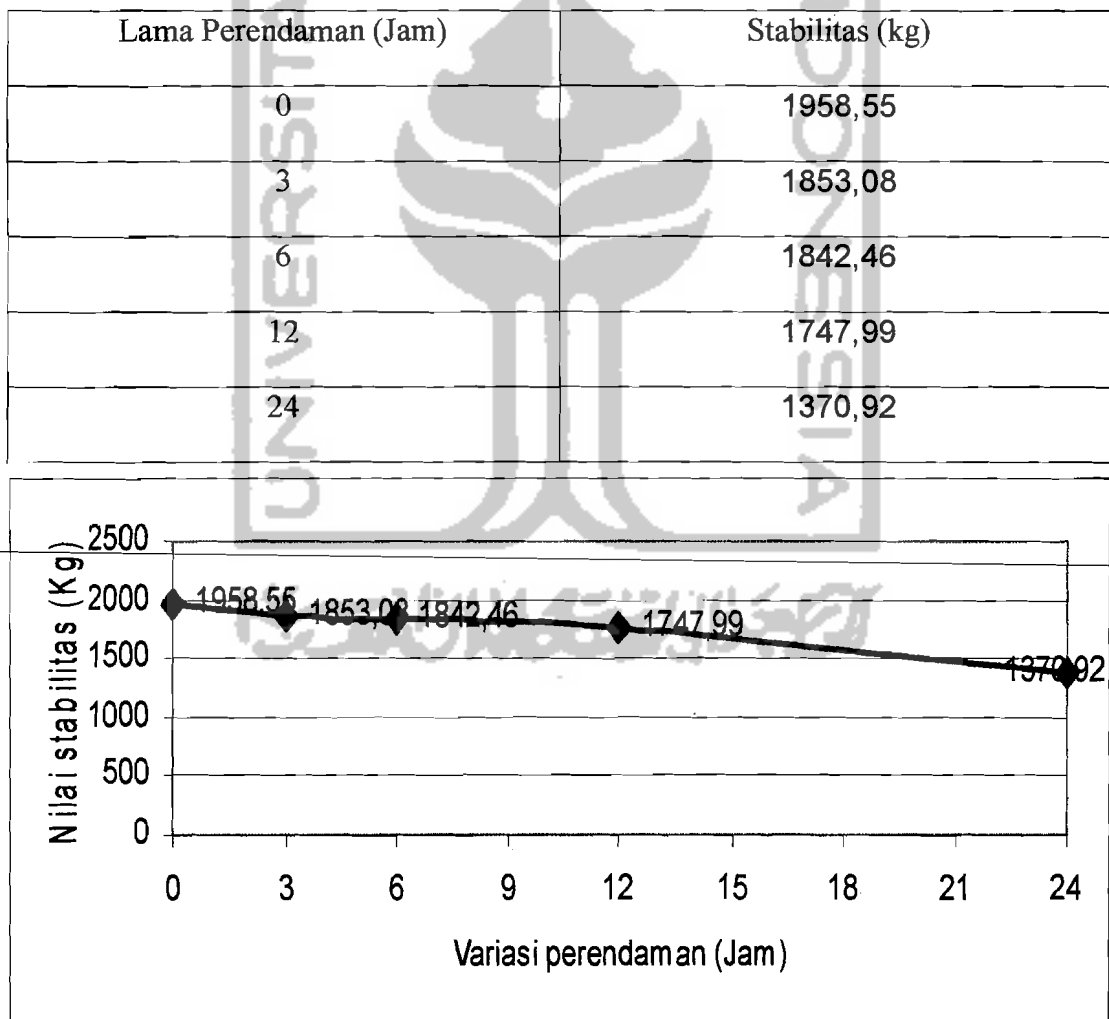
Dari hasil penelitian Laboratorium di atas menunjukkan semakin lama campuran AC mengalami rendaman terhadap air payau akan mengakibatkan naiknya nilai VFWA., tetapi masih dalam batas yang disyaratkan Bina Marga dan Puslitbang Jalan 1998 baik pada perendaman 0 jam sampai 24 jam. Naiknya nilai VFWA ini disebabkan oleh karena naiknya jumlah rongga yang ada di dalam campuran yang diakibatkan oleh proses *oksidasi* oksigen yang menyebabkan panas, proses ini akan mengakibatkan pelepasan oksigen dan hidrogen yang terkandung didalam rongga campuran, maupun oksigen yang berada dalam campuran ataupun oksigen dari campuran air payau dengan air. Selain itu panas juga mengakibatkan pelepasan *film* aspal yang menyelimuti butiran agregat dan melarutkan *asphaltenes* kedalam *oils*, proses ini akan mengakibatkan timbulnya rongga baru didalam

campuran, karena adanya proses desakan antar butiran yang terjadi selama proses oksidasi berlangsung. Panas juga dapat menurunkan kekentalan aspal sehingga apabila campuran mengalami pembebanan maka akan terjadi desakan kesemua arah dan mengisi rongga baru yang terbentuk akibat proses oksidasi tersebut.

Faktor lain yang berdampak langsung adalah jenis agregat yang digunakan, pada penelitian ini menggunakan agregat dari hasil pemecah batu Clereng, Kulon Progo, DIY. Dimana agregat tersebut berasal dari batuan *vulkanik* Gunung Merapi. Agregat yang berasal dari batuan *vulkanik* mengandung *silica* dan bahan yang tidak menguntungkan apabila dipakai sebagai bahan perkerasan. Batuan pasir *vulkanik* hitam sering mempunyai lapisan (selimut) *silica* yang tipis (juga dalam hal ini menjadikan pasir bersifat *pozzolanic* tinggi). Aspal sangat sulit melekat pada *silica* sehingga apabila terkena genangan air maka lapisan *film* aspal akan mudah mengelupas dan terlepas dari butiran agregat dan membentuk rongga baru. Spesifikasi Teknis dari Bina Marga dan Puslitbang Jalan 1998 mensyaratkan nilai VFWA $\geq 65\%$.

6.6.3 Pengaruh perendaman air payau terhadap Stabilitas

Dari hasil penelitian didapatkan hubungan variasi lama perendaman air payau dengan nilai Stabilitas pada kadar optimum dengan variasi perendaman 0 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam dan 24 jam ditunjukkan pada tabel dan gambar 6.8. berikut ini :



Gambar 6.8 Hubungan antara variasi perendaman dengan Stabilitas

Dari hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa semakin lama campuran AC mengalami rendaman air payau akan mengakibatkan penurunan nilai stabilitas. Hal ini disebabkan rongga yang terdapat didalam campuran sebagian sudah terisi oleh lelehan aspal bebas yang diakibatkan oleh panas dari proses oksidasi, hal ini terlihat jelas dari nilai yang ditunjukkan oleh menurunnya nilai VITM dan naiknya nilai VFWA. Dalam hal ini kepadatan campuran akan bertambah seiring naiknya nilai VFWA oleh karena terisinya rongga yang dikandung campuran tersebut, tetapi disisi lain pada waktu yang bersamaan terbentuknya rongga baru akibat pelepasan oksigen dalam proses *oksidasi* dan panas juga terjadinya penipisan dan pelepasan *film* aspal yang meliputi butiran agregat sehingga proses deformasi campuran terjadi. Berkurangnya kadar aspal bebas akan menyebabkan berkurangnya *adhesi* dan saling mengunci antar partikel agregat sehingga akan menurunkan nilai stabilitas. Disisi lain dengan perilaku rendaman, campuran akan bersifat jenuh air seiring dengan lamanya variasi rendaman air payau yang dialami, sehingga deformasi awal sudah dialami oleh campuran tersebut.

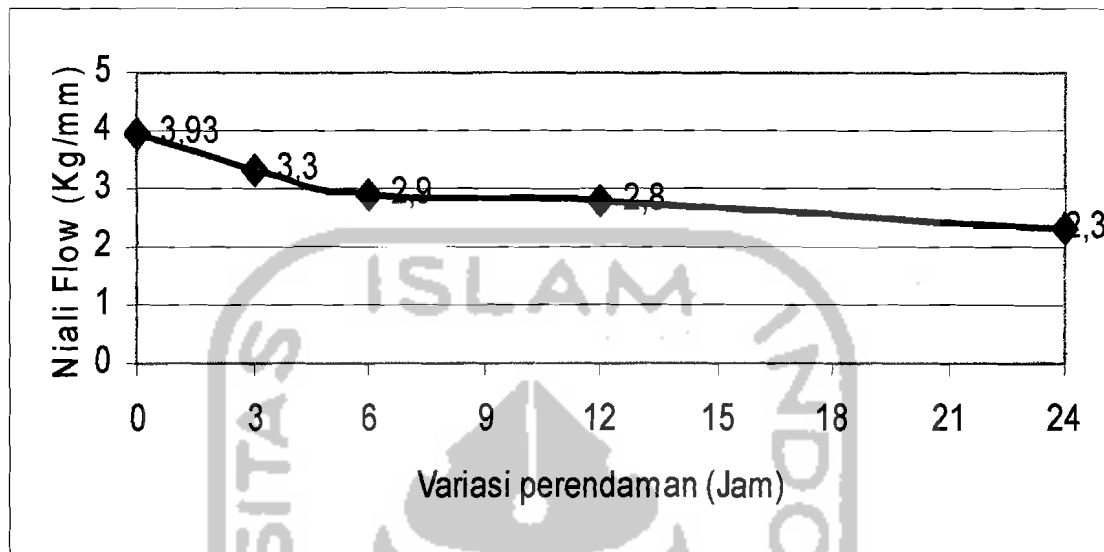
Dari Spesifikasi Bina Marga (1998) Stabilitas yang disyaratkan untuk campuran AC adalah ≥ 800 kg. Apabila stabilitas kurang dari 800 kg maka akan mudah mengalami deformasi karena perkerasan bersifat *elastic* sehingga tidak akan mampu menahan deformasi. Tidak ada batas maksimal untuk nilai stabilitas karena

semakin tinggi nilai stabilitas semakin baik campuran tersebut dalam menahan *deformasi* yang terjadi.

6.6.4 Pengaruh perendaman air payau terhadap flow

Dari hasil penelitian didapatkan hubungan variasi lama perendaman air payau dengan nilai *Flow* pada kadar optimum dengan variasi perendaman 0 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam dan 24 jam ditunjukkan pada tabel dan gambar 6.9. berikut ini :

Lama Perendaman (Jam)	Flow (mm)
0	3,93
3	3,30
6	2,90
12	2,80
24	2,30



Gambar 6.9 Hubungan antara variasi perendaman dengan *flow*

Dari hasil di atas menunjukkan bahwa semakin lama campuran AC mengalami rendaman air payau akan mengakibatkan penurunan nilai *flow*. Penurunan nilai *flow* ini disebabkan oleh terisinya rongga yang berada didalam campuran oleh aspal bebas pada peristiwa *oksidasi* aspal, air dan air payau yang mengandung kadar garam, dari hasil oksidasi ini akan menyebabkan panas. Penurunan *flow* ini akan diikuti penurunan nilai stabilitas, karena proses panas mengakibatkan penipisan dan pelepasan *film* aspal sehingga nilai *viskositas* aspal menjadi kecil. Nilai *viskositas* sangat dipengaruhi oleh lamanya pembebanan dan adanya suhu yang tinggi (panas *oksidasi*), *oksidasi* pada suhu tinggi akan mengakibatkan tertariknya oksigen dan H_2 keluar sehingga akan terjadi pembentukan *asphaltenese* yang lebih banyak. Pembentukan *asphaltenese* yang

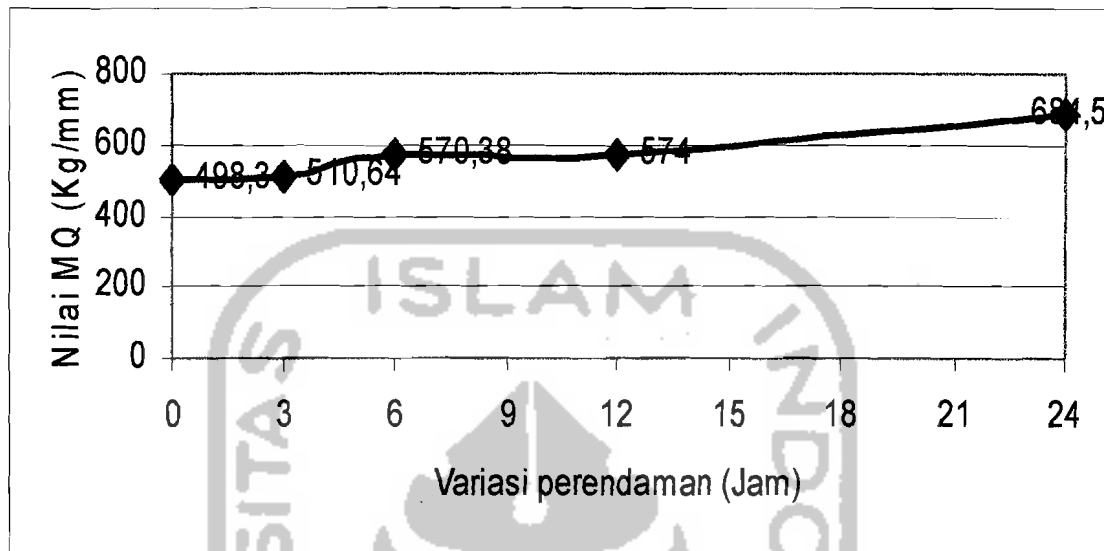
berlanjut dapat menyebabkan campuran akan kekurangan aspal untuk mengikat agregat yang ada dan efek selanjutnya campuran akan bersifat getas dan apabila terkena pembebanan akan terjadi goyah (*reveling*) dan *cracking*. Peristiwa tersebut terjadi karena aspal sudah mengalami penurunan nilai kekakuan (*viskositas*).

Spesifikasi Teknis dari Bina Marga Dan Puslitbang Jalan (1998) mensyaratkan nilai *flow* lebih dari 2 mm. Jika nilai *flow* kurang dari 2 mm menyebabkan campuran menjadi kaku sehingga lapisan perkerasan mudah mengalami retak. Pada penelitian ini nilai *flow* masih dalam batas yang disyaratkan.

6.6.5 Pengaruh perendaman air payau terhadap MQ

Dari hasil penelitian didapatkan hubungan variasi lama perendaman air payau dengan nilai MQ pada kadar optimum dengan variasi perendaman 0 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam dan 24 jam ditunjukkan pada tabel dan gambar 6.10 berikut ini :

Lama Perendaman (Jam)	Marshall Quotient (kg/mm)
0	498,3
3	510,64
6	570,58
12	574,00
24	684,50



Gambar 6.10 Hubungan antara variasi perendaman dengan MQ

Dari hasil penelitian di atas menunjukkan semakin lama campuran AC mengalami rendaman air payau akan mengakibatkan naiknya nilai *Marshall Quotient*. Naiknya nilai MQ ini disebabkan oleh penurunan nilai stabilitas dan penurunan pada nilai *flow*. Penurunan ini disebabkan karena rongga yang ada didalam campuran telah terisi oleh aspal yang meleleh, yang diakibatkan oleh panas dalam proses oksidasi. Penurunan nilai *flow* langsung diikuti oleh penurunan nilai stabilitas, sehingga akibat panas akan menaikkan *viskositas* aspal yang ada didalam rongga campuran yang mengakibatkan nilai *density* bertambah. Apabila proses oksidasi ini berlanjut seiring dengan lamanya campuran mengalami variasi perendaman air payau maka pelepasan energi *thermal* aspal akan terus terjadi dan akan melarutkan *asphaltenese* kedalam *oils*, akibatnya campuran akan kekurangan aspal untuk mengikat agregat dan campuran akan bersifat getas. Dalam kondisi ini

nilai *flow* akan mengalami penurunan. Apabila campuran mengalami pembebanan maka nilai deformasinya akan cenderung mengecil seiring bertambah lamanya waktu rendaman air payau.

Spesifikasi Teknis dari Bina Marga memberikan persyaratan khusus untuk Campuran AC yaitu 200 kg/mm-500 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* dibawah 200 kg/mm akan mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *rutting* dan *bleeding*. Pada penelitian ini nilai MQ setelah campuran AC mengalami perendaman air payau selama lebih dari 0 jam dan mulai pada perendaman 3 jam tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

6.7 Evaluasi hasil penelitian

Hasil penelitian ini terdiri dari hasil pemeriksaan agregat , hasil pengujian PH campuran air payau, hasil pengujian sampel terhadap rendaman air payau, hasil pengujian campuran air payau dengan metode *Marshall*.

Hasil pemeriksaan test *Marshall* ini akan dibandingkan dengan spesifikasi Bina Marga 1998. Hasil pemeriksaan tersebut dapat dilihat pada tabel 6.6. berikut ini :

Tabel 6.6. Hasil pemeriksaan *Marshall test* campuran AC dengan variasi perendaman air payau

Spesifikasi Bina Marga 1998.	Variasi lama perendaman				
	0 jam	3 jam	6 jam	12 jam	24 jam
VITM (3-5 %)					
VFWA ($\geq 65\%$)					
Stabilitas (≥ 800 kg)					
Flow (≥ 2 mm)					
MQ (200-500 kg/mm)					

3 Jam

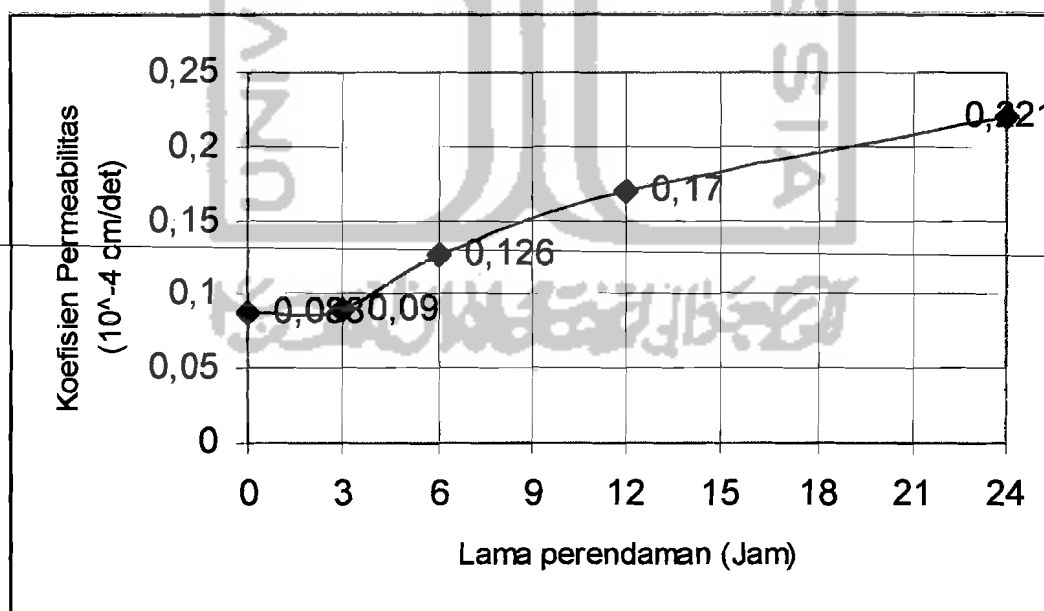
Dari evaluasi hasil penelitian di atas jika dibandingkan dengan spesifikasi Bina Marga 1998 jika diambil rata-rata maka campuran beton aspal pada dasarnya memang tidak boleh mengalami rendaman air payau, hal ini disebabkan karena air payau mengandung air asin yang dapat mengakibatkan korosi pada campuran aspal yang berjalan cepat.

Berdasarkan hasil pemeriksaan *Marshall test* campuran AC dengan variasi perendaman air payau, didasarkan pada persyaratan Puslitbang Jalan 1998 didapatkan bahwa nilai VFWA, Stabilitas dan *Flow* maksimal boleh terendam air payau selama 24 jam, berdasar nilai VITM maksimal 6 jam, dan berdasar nilai MQ

maksimal 3 jam. Jadi dari data di atas nilai yang masih bisa ditetapkan sesuai dengan persyaratan adalah maksimal 3 jam perendaman dengan menggunakan air payau.

6.8. Hasil Pengujian Permeabilitas

Dari hasil penelitian di Laboratorium Teknik Transportasi Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada diperoleh nilai koefisien permeabilitas. Gambar 6.11. berikut menyajikan secara ringkas perhitungan permeabilitas dari campuran beton aspal pada kadar aspal optimum dengan dan tanpa perendaman air payau. Perhitungan secara rinci dapat dilihat pada lampiran 6.



Gambar 6.11. Grafik hubungan antara lama perendaman air payau dengan nilai koefisien permeabilitas

Telah ditunjukkan bahwa campuran beton aspal yang tidak terendam air payau lebih sulit dilewati air dibandingkan campuran beton aspal yang terendam air payau. Hasil ini seiring dengan nilai VITM yang menurun karena penambahan waktu perendaman yang mengakibatkan *viskositas* aspal menurun sehingga rongga yang tertutup aspal meningkat.

Nilai koefisien permeabilitas yang meningkat mengakibatkan campuran akan mudah dirembesi oleh air, yang nantinya juga akan sangat berpengaruh terhadap campuran itu sendiri. Salah satunya adalah terhadap tingkat keawetan atau durabilitas. Jika campuran mudah dirembesi air maka campuran akan mudah mengalami *rutting* dan *bleeding* dan hal ini akan mengakibatkan keawetan campuran menjadi berkurang.

Bina Marga (1987) tidak mensyaratkan spesifikasi koefisien permeabilitas. Namun jika melihat klasifikasi campuran aspal berdasarkan nilai koefisien permeabilitas yang telah disyaratkan oleh Mullen (1967), maka campuran aspal dengan perendaman air payau termasuk dalam klasifikasi hampir kedap (*Practically impervious*).