

BAB VII

PEMBAHASAN

7.1. Hasil Pengujian Marshall

7.1.1. Stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi yang terjadi akibat adanya beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur (*routing*) ataupun *bleeding*. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel agregat (*interlocking*) dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

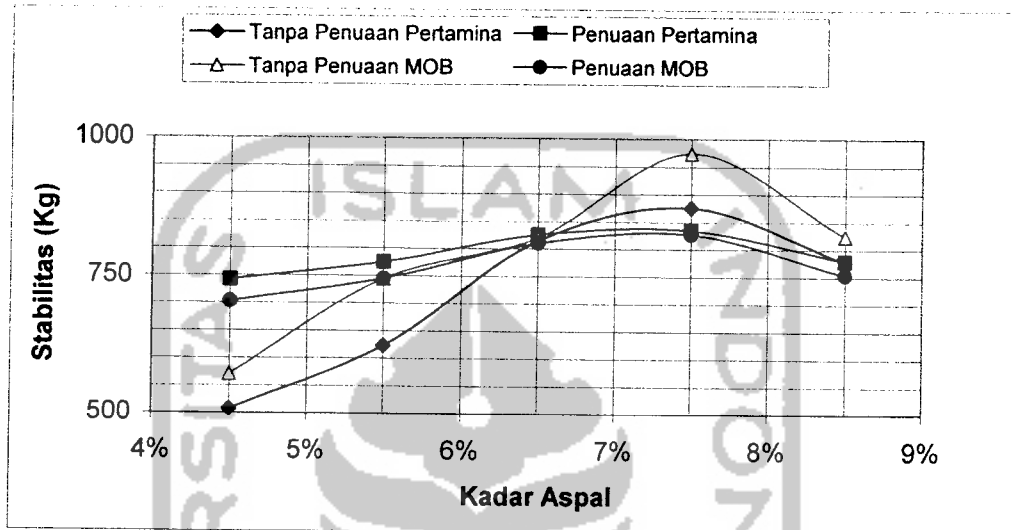
Nilai stabilitas dipengaruhi sifat saling mengunci antar agregat penyusunnya (*internal friction*) yang tergantung dari tekstur permukaan, bentuk butiran, gradasi dan kadar aspal. Fungsi dari aspal adalah untuk memberikan ikatan yang kuat antar agregat sehingga menjadi satu kesatuan yang padat dan kompak sehingga nilai stabilitas dapat dicerminkan oleh nilai kepadatan (*density*). Semakin tinggi nilai *density*, nilai stabilitas akan semakin tinggi.

Dari hasil penelitian didapatkan hubungan variasi kadar aspal dan nilai stabilitas dengan rendaman *water bath* pada suhu 60°C selama kurang lebih 30 menit ditunjukkan pada tabel 7.1 dan Gambar 7.1 berikut ini.

Tabel 7.1 Nilai Stabilitas Campuran HRS B Hasil Pengujian *Marshall*

Jenis	Proses	Kadar Aspal				
		4,5%	5,5%	6,5%	7,5%	8,5%
Pertamina	Tanpa Penuaan	508,162	623,389	814,684	875,537	778,074
	Penuaan	742,897	775,277	826,223	834,575	779,091
Mitra Olah Bumi	Tanpa Penuaan	571,35	744,24	820,95	974,22	824,47
	Penuaan	703,517	744,857	810,486	827,456	753,681

Sumber : Hasil penelitian di Lab. Jalan Raya FTSP UII



Gambar 7.1 Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar Aspal Campuran HRS B

Dari hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa pada proses *non-ageing* nilai stabilitas Aspal Prima55 lebih tinggi dari pada AC 60/70. Hal ini disebabkan karena karakteristik campuran Aspal Prima55 memiliki rongga udara diantara partikel agregat yang lebih kecil, sehingga terjadi penguncian antar agregat dan daya ikat yang baik. Sedangkan pada proses *Ageing*, nilai stabilitas Aspal Prima lebih rendah dari pada AC 60/70, disebabkan pengaruh dari proses *Ageing* yang mengakibatkan hilangnya komponen ringan dari aspal (*Resin* dan *Oil*) lebih besar akibat adanya penambahan zat additive yang terkandung didalamnya. Sehingga viskositasnya lebih rendah (pengaruh aspal yang bersifat *thermoplastik*), menyebabkan rongga yang terisi oleh aspal lebih kecil dan penguncian antar agregat rendah.

Dengan melalui proses *Ageing* (baik pada AC 60/70 maupun Aspal Prima55) cenderung lebih rendah. Hal ini disebabkan karena berkurangnya kadar aspal bebas, berkurangnya adhesi dan saling mengunci antar partikel agregat sehingga akan menurunkan nilai stabilitas, seiring dengan besarnya kadar aspal pada proses penuaan. Sedangkan pada campuran yang tidak mengalami proses penuaan, terjadi ikatan antar butir agregat yang cenderung tinggi seiring dengan besarnya kadar aspal namun hanya pada batas optimumnya saja, apabila kadar aspal melebihi batas optimumnya maka stabilitas dapat terjadi penurunan. Hal ini disebabkan karena aspal tidak lagi dapat menyelimuti agregat dengan baik dan juga menghasilkan rongga antar campuran yang kecil. Adanya pembebanan mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar yang dinamakan *bleeding*.

Dari spesifikasi Bina Marga, stabilitas yang disyaratkan untuk campuran AC adalah 550 Kg sampai dengan 1250 Kg. Nilai stabilitas maksimum untuk campuran tercapai pada kadar aspal 7,5%. Pada proses *non-Ageing* AC 60/70 sebesar 875,537 Kg, Aspal Prima55 sebesar 974,22 Kg dan pada proses *Ageing* AC 60/70 sebesar 834,575 Kg, Aspal Prima55 sebesar 827,456 Kg. Tidak ada batas maksimal untuk nilai stabilitas, karena semakin tinggi nilai stabilitas semakin baik campuran tersebut dalam menahan deformasi yang terjadi.

7.1.2. Flow

Flow atau kelelahan dari suatu campuran menunjukkan besarnya deformasi dalam campuran akibat adanya beban yang bekerja. Nilai *flow* dipengaruhi oleh viskositas dan kadar aspal.

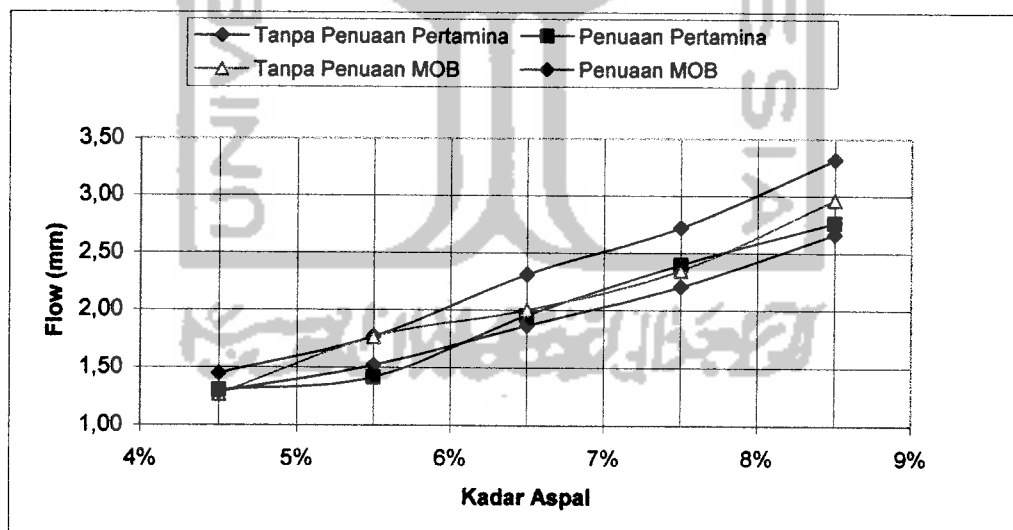
Campuran yang memiliki kelelahan (*flow*) yang rendah dan stabilitas yang tinggi, cenderung menjadi terlalu kaku dan getas (*brittle*), sedangkan campuran yang memiliki nilai kelelahan (*flow*) yang tinggi dengan nilai stabilitas yang rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas.

Dari hasil penelitian didapatkan hubungan variasi kadar aspal dengan nilai *Flow* dengan rendaman water bath pada suhu 60°C selama 30 menit ditunjukkan pada Tabel 7.2 dan Gambar 7.2 berikut ini.

Tabel 7.2 Nilai Flow Campuran HRS B Hasil Pengujian *Marshall*

Jenis	Proses	Kadar Aspal				
		4,5%	5,5%	6,5%	7,5%	8,5%
Pertamina	Tanpa Penuaan	1,45	1,77	2,31	2,72	3,31
	Penuaan	1,31	1,42	1,96	2,40	2,76
Mitra Olah Bumi	Tanpa Penuaan	1,27	1,77	2,00	2,35	2,96
	Penuaan	1,29	1,52	1,87	2,21	2,66

Sumber : Hasil penelitian di Lab. Jalan Raya FTSP UII



Gambar 7.2 Grafik Hubungan Flow dengan Kadar Aspal Campuran HRS B

Dari hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa nilai *flow* tanpa melalui proses penuaan (baik pada AC 60/70 maupun Aspal Prima55) cenderung lebih tinggi. Penurunan nilai *flow* pada perlakuan penuaan dalam hal ini yang

disebabkan karena pemanasan pada campuran, mengakibatkan penipisan dan pelepasan film aspal sehingga nilai viskositas aspal menjadi kecil.

Nilai viskositas salah satunya sangat dipengaruhi oleh adanya suhu yang tinggi, pada suhu yang tinggi akan mengakibatkan tertariknya oksigen, H₂ keluar bersamaan dengan komponen ringan aspal sehingga akan terjadi pembentukan *asphaltenes* yang lebih banyak. Pembentukan *asphaltenes* yang berlanjut dapat menyebabkan campuran akan kekurangan komponen untuk mengikat (efek pada viskositas dan *flow*) agregat yang ada dan efek selanjutnya adalah 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*).

Dari hasil penelitian yang ditunjukkan dalam grafik, terdapat perbedaan nilai flow pada campuran AC 60/70 dengan Aspal Prima55 (baik dengan proses *Non-Ageing* maupun *Ageing*). Hal ini disebabkan karena dari hasil pemeriksaan penetrasi menunjukkan perbedaan, yaitu AC 60/70 sebesar 70,9mm dan Aspal Prima55 sebesar 60,7mm (*Non-Ageing*) serta AC 60/70 sebesar 45,6mm dan Aspal Prima55 sebesar 33mm (*Ageing*). Dari hasil pemeriksaan tersebut menunjukkan bahwa aspal Prima55 memiliki viskositas yang lebih tinggi pada suhu pencampuran yang sama.

Spesifikasi teknis dari Bina Marga untuk campuran AC tidak memberikan persyaratan khusus pada nilai *flow*, sedangkan pada spesifikasi dari Puslitbang Jalan (1998) mensyaratkan nilai *flow* lebih dari 2 mm. Jika nilai *flow* kurang dari

2 mm dapat menyebabkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan mudah mengalami retak.

7.1.3. Void In The Mix

Nilai VITM (*Void In The Mix*) menunjukkan prosentase rongga yang terdapat dalam campuran total. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai VITM adalah gradasi, kadar aspal dan *density*. Nilai VITM berpengaruh terhadap kekakuan campuran dan kedekatan campuran terhadap air dan udara.

Nilai VITM yang terlalu tinggi akan mengakibatkan berkurangnya keawetan dari lapis keras karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapis perkerasan. Udara akan mengoksidasi aspal hingga selimut aspal menjadi tipis dan kohesi aspal menjadi berkurang. Dengan berkurangnya kohesi aspal maka sifat adhesi antara agregat dengan aspal juga berkurang. Jika hal ini terjadi dapat menimbulkan pelepasan butiran (*revelling*).

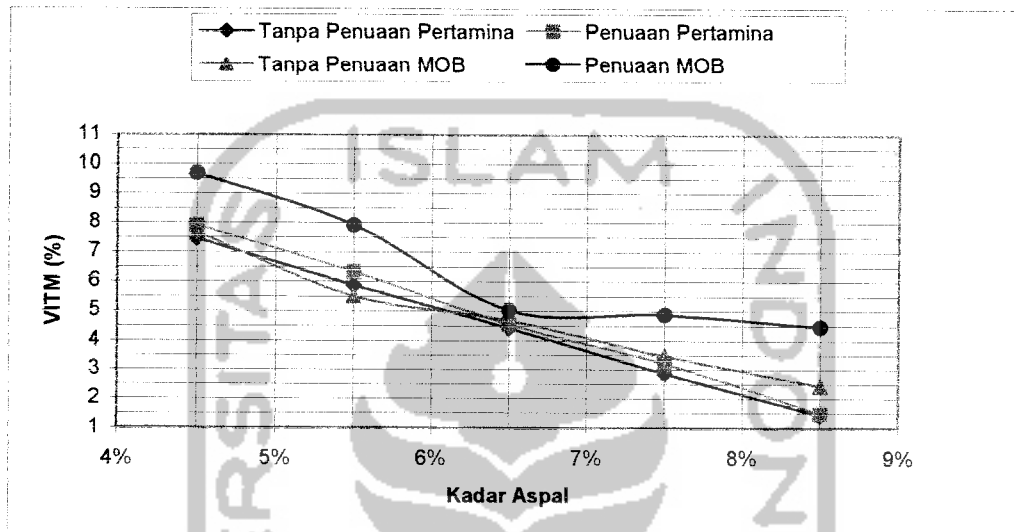
Nilai VITM yang terlalu rendah akan menyebabkan mudah terjadinya *bleeding* pada lapis keras. Selain *bleeding*, dengan nilai VITM yang rendah stabilitas lapis keras akan cenderung menjadi lebih tinggi yang mengakibatkan lapis keras lebih tahan terhadap deformasi apabila menerima beban lalu lintas.

Dari hasil penelitian didapatkan hubungan variasi kadar aspal dengan nilai VITM dengan rendaman water bath pada suhu 60°C kurang lebih selama 30 menit ditunjukkan pada Tabel 7.3 dan Gambar 7.3 berikut ini.

Tabel 7.3 Nilai VITM Campuran HRS B Hasil Pengujian *Marshall*

Jenis	Proses	Kadar Aspal				
		4,5%	5,5%	6,5%	7,5%	8,5%
Pertamina	Tanpa Penuaan	7,46	5,88	4,42	2,88	1,44
	Penuaan	7,90	6,34	4,55	3,21	1,50
Mitra Olah Bumi	Tanpa Penuaan	7,658	5,510	4,684	3,467	2,438
	Penuaan	9,685	7,916	5,035	4,874	4,463

Sumber : Hasil penelitian di Lab. Jalan Raya FTSP UII



Gambar 7.3 Grafik Hubungan VITM dengan Kadar Aspal Campuran HRS B

Dari hasil penelitian di atas menunjukkan perbedaan antara campuran yang mengalami perlakuan penuaan maupun tanpa mengalami perlakuan penuaan (khususnya pada jenis aspal yang berbeda). Pada campuran dengan perlakuan penuaan mempunyai nilai VITM yang lebih besar dari campuran *unaged*. Pada jenis AC 60/70 dengan perlakuan penuaan mempunyai prosentase rongga yang lebih kecil dibandingkan menggunakan aspal Prima55, berdasarkan pengujian *Lose On Heat* (LOH) bahwa aspal prima55 mengalami kehilangan berat yang lebih besar dibandingkan dengan AC 60/70, hal ini menyebabkan prosentase rongga yang lebih besar.

campuran mudah terjadi deformasi dalam menerima beban. Apabila rongga dalam campuran (VITM) terlalu kecil, pada suhu yang tinggi aspal mengalami penurunan viskositas (kekentalan) sehingga jika mengalami pembebanan, aspal akan bergerak menuju ruang kosong, jika ruang kosong atau rongga ini terlalu kecil dan tidak tersedia rongga yang cukup bagi aspal tersebut maka aspal akan naik ke permukaan. Peristiwa inilah yang disebut *bleeding*.

7.1.4. Void Filled With Asphalt (VFWA)

Nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*) menunjukkan besarnya rongga dalam campuran yang terisi aspal. Nilai VFWA dinyatakan dalam persen. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai VFWA adalah gradasi agregat, kadar aspal dan *density*. Besarnya nilai VFWA berpengaruh terhadap kedekatan campuran terhadap air dan udara sehingga akan berpengaruh pada keawetan dari lapis keras.

Nilai VFWA yang besar berarti semakin banyak rongga udara yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Tetapi nilai VFWA yang terlalu tinggi dengan kadar pori rendah dapat menyebabkan lapis keras mudah mengalami *bleeding* atau naiknya aspal kepermukaan. Hal ini terjadi pada suhu perkerasan yang tinggi, dimana aspal akan mencair sesuai dengan sifat termoplastik aspal sehingga jika lapis keras menerima beban, aspal akan mencari ruang kosong. Dengan terlalu banyak rongga yang telah terisi aspal, maka tidak tersedia ruang yang cukup sehingga akan menyebabkan aspal naik ke permukaan. Nilai VFWA yang terlalu kecil akan menyebabkan kedekatan campuran berkurang karena hanya sedikit rongga yang

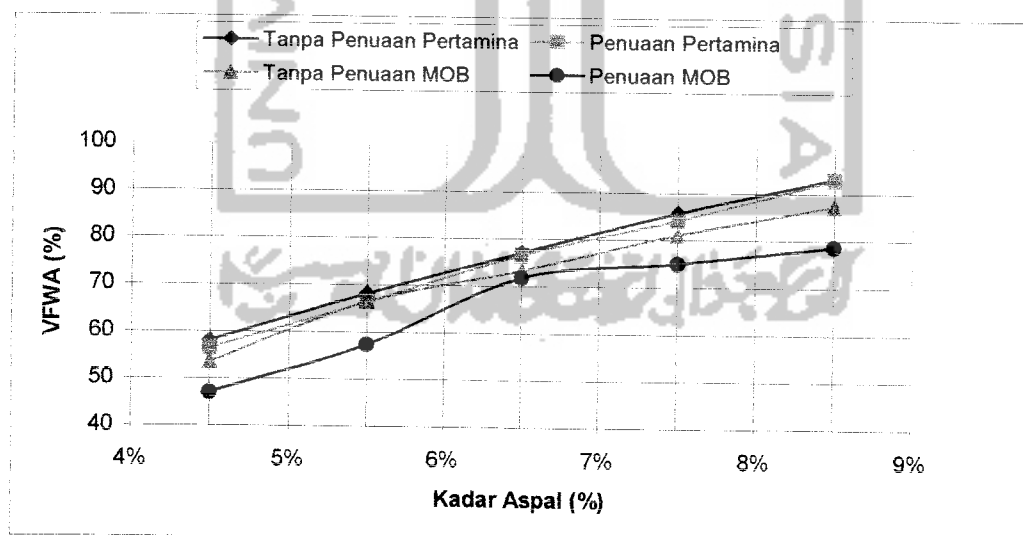
telah terisi aspal, maka tidak tersedia ruang yang cukup sehingga akan menyebabkan aspal naik ke permukaan. Nilai VFWA yang terlalu kecil akan menyebabkan kekedapan campuran berkurang karena hanya sedikit rongga yang terisi oleh aspal. Dengan banyaknya rongga yang kosong, air dan udara akan mudah masuk ke dalam lapis keras sehingga keawetan dari lapis keras akan berkurang.

Dari hasil penelitian didapatkan hubungan variasi kadar aspal dengan nilai VFWA dengan rendaman water bath pada suhu 60°C kurang lebih selama 30 menit ditunjukkan pada Tabel 7.4 dan Gambar 7.4 berikut ini.

Tabel 7.4 Nilai VFWA Campuran HRS B Hasil Pengujian *Marshall*

Jenis	Proses	Kadar Aspal				
		4,5%	5,5%	6,5%	7,5%	8,5%
Pertamina	Tanpa Penuaan	57,987	68,185	77,131	85,681	93,146
	Penuaan	56,457	66,417	76,602	84,227	92,857
Mitra Olah Bumi	Tanpa Penuaan	53,550	66,441	73,295	81,083	87,343
	Penuaan	47,122	57,320	71,778	75,016	78,680

Sumber : Hasil penelitian di Lab. Jalan Raya FTSP UII



Gambar 7.4 Grafik Hubungan VFWA dengan Kadar Aspal Campuran HRS B

Dari hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa nilai VFWA pada campuran yang mengalami proses penuaan cenderung lebih rendah dari pada

campuran tanpa proses penuaan. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan bahwa campuran yang mengalami perlakuan penuaan akan mengakibatkan terjadinya rongga-rongga baru karena aspal telah kehilangan komponen ringannya (*resins dan oils*). Pada campuran AC 60/70 menunjukkan nilai VFWA yang lebih tinggi dari Aspal Prima55. Hal ini disebabkan karena nilai penetrasi AC 60/70 lebih tinggi dari Aspal Prima55 sehingga nilai viskositasnya lebih rendah.

Spesifikasi teknis dari Bina Marga mensyaratkan VFWA untuk campuran HRS dengan nilai lebih besar sama dengan 65%.

7.1.5. Void in Mixed Agregate (VMA)

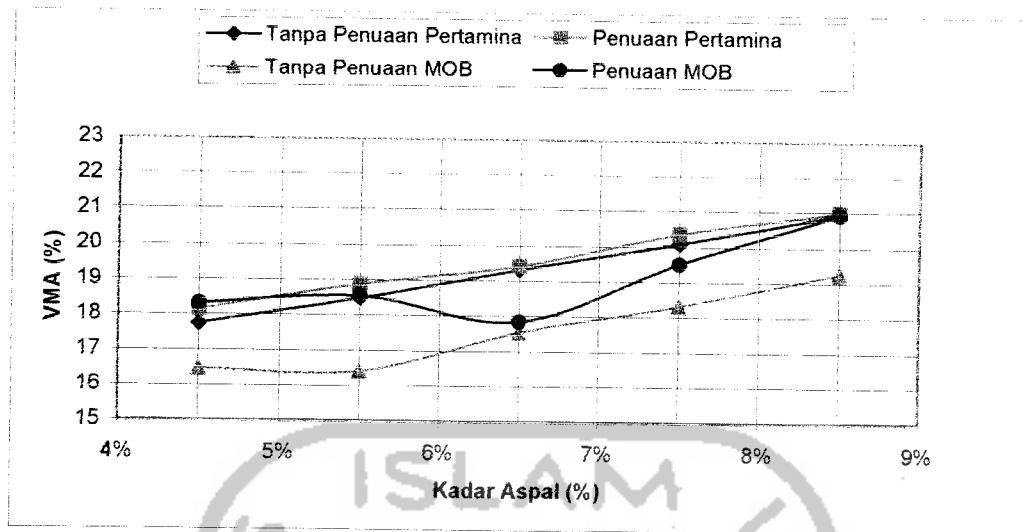
Nilai VMA menunjukkan besarnya rongga dalam agregat. Nilai VMA dinyatakan dalam prosentase. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai VMA adalah gradasi agregat dan *density*. Nilai VMA yang besar berarti semakin banyak rongga dalam agregat dan akan menyebabkan film aspal tebal sehingga mempunyai durabilitas yang tinggi.

Dari hasil penelitian didapatkan hubungan kadar aspal dengan nilai VMA dengan rendaman water bath pada suhu 60°C selama kurang lebih 30 menit ditunjukkan pada Tabel 7.5 dan Gambar 7.5 berikut ini.

Tabel 7.5 Nilai VMA Campuran HRS B Hasil Pengujian *Marshall*

Jenis	Proses	Kadar Aspal				
		4,5%	5,5%	6,5%	7,5%	8,5%
Pertamina	Tanpa Penuaan	17,750	18,480	19,314	20,085	20,941
	Penuaan	18,146	18,880	19,424	20,362	20,994
Mitra Olah Bumi	Tanpa Penuaan	16,482	16,418	17,538	18,317	19,256
	Penuaan	18,316	18,546	17,842	19,507	20,932

Sumber : Hasil penelitian di Lab. Jalan Raya FTSP UII



Gambar 7.5 Grafik Hubungan VMA dengan Kadar Aspal Campuran HRS B

Dari hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa nilai VMA Aspal Prima55 lebih rendah dari pada AC 60/70. Hal ini disebabkan karena karakteristik campuran Aspal Prima55 memiliki rongga udara diantara partikel agregat yang lebih kecil, sehingga terjadi penguncian antar agregat dan daya ikat yang baik. Sedangkan pada proses *Ageing*, nilai VMA lebih tinggi (pada AC 60/70 maupun Aspal Prima55) dari proses *Non-Ageing*, karena pengaruh dari proses *Ageing* yang mengakibatkan hilangnya komponen ringan dari aspal (*Resin* dan *Oil*) lebih besar. Sehingga viskositasnya lebih rendah, menyebabkan rongga yang terisi oleh aspal lebih kecil.

Spesifikasi teknis dari Bina Marga tidak mensyaratkan secara khusus nilai VMA untuk campuran AC, sedangkan Puslitbang Jalan (1998) mensyaratkan nilai VMA lebih dari 16%.

7.1.6. Density

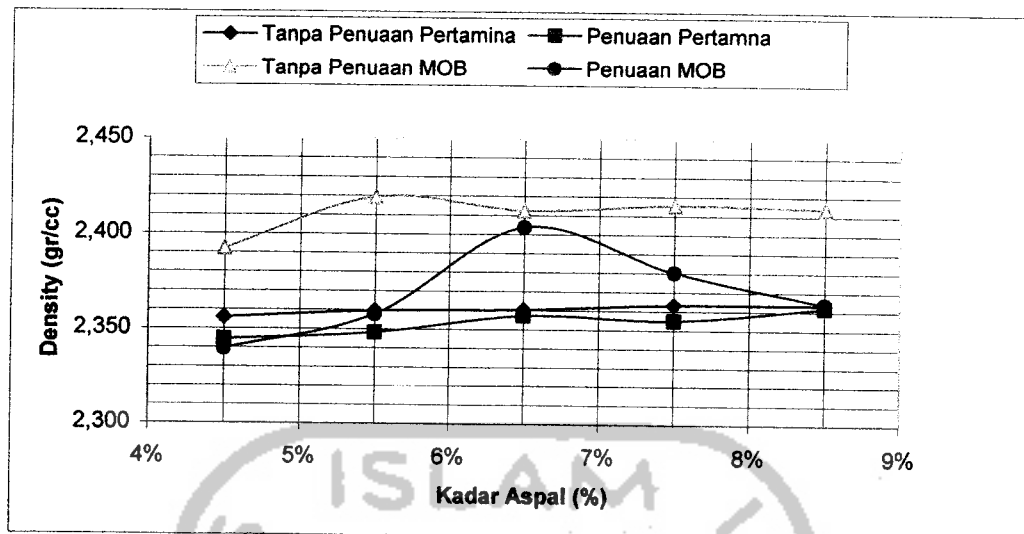
Density merupakan tingkat kerapatan setelah dipadatkan. Berat jenis (*density*) adalah berat campuran padat tiap satuan volume. *Density* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu gradasi, pelaksanaan pemadatan baik suhu pemadatan maupun jumlah tumbukannya, kualitas bahan penyusunnya, berat jenis agregat dan kadar aspal. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan (*density*) tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang mempunyai nilai kepadatan rendah. Campuran akan memiliki nilai *density* yang tinggi apabila memakai batuan yang memiliki porositas rendah serta campuran dengan rongga antar butir agregat (*Void In Minerale Aggregate, VMA*) yang rendah. Nilai *density* juga meningkat jika energi pemadatan tinggi serta pada suhu pemadatan yang tepat. Meningkatnya prosentase pemakaian kadar aspal juga akan meningkatkan kerapatan campuran, hal ini disebabkan karena penggunaan kadar aspal yang lebih banyak sehingga rongga semakin kecil dan campuran menjadi lebih padat.

Dari hasil penelitian didapatkan hubungan kadar aspal dengan nilai *density* dengan rendaman water bath pada suhu 60°C selama kurang lebih 30 menit ditunjukkan pada Tabel 7.6 dan Gambar 7.6 berikut ini.

Tabel 7.6 Nilai Density Campuran HRS B Hasil Pengujian *Marshall*

Jenis	Proses	Kadar Aspal				
		4,5%	5,5%	6,5%	7,5%	8,5%
Pertamina	Tanpa Penuaan	2,356	2,360	2,361	2,363	2,364
	Penuaan	2,345	2,348	2,357	2,355	2,362
Mitra Olah Bumi	Tanpa Penuaan	2,392	2,419	2,413	2,416	2,414
	Penuaan	2,340	2,358	2,404	2,380	2,364

Sumber : Hasil penelitian di Lab. Jalan Raya FTSP UII



Gambar 7.6 Grafik Hubungan Density dengan Kadar Aspal Campuran HRS B

Dari hasil penelitian di atas menunjukkan nilai kerapatan pada campuran *Non-Ageing* jauh lebih besar daripada campuran yang mengalami proses *Ageing*. Hal ini disebabkan pada campuran yang mengalami proses *Ageing* telah kehilangan komponen ringan dari aspal pada proses sebelum pemadatan, sehingga kemampuan aspal untuk mengisi rongga sudah berkurang (efek dari viskositas) yang dampaknya campuran menjadi lebih getas. Disini pada Aspal Prima55 mempunyai tingkat kerapatan yang jauh lebih tinggi, bila dikaitkan dengan pembahasan diatas menunjukkan bahwa hasil kerapatan (*density*) Aspal Prima55 (mengenai Penetrasi dan Viskositas) berarti sesuai.

Spesifikasi teknis Bina Marga tidak memberikan persyaratan khusus mengenai nilai *density* untuk campuran AC. Demikian pula halnya Puslitbang Jalan (1998).

7.1.7. Marshall Quotient (QM)

Nilai *Marshall Quotient* (QM) adalah hasil bagi antara nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*) dan merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas campuran. Besarnya nilai QM tergantung dari besarnya nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*).

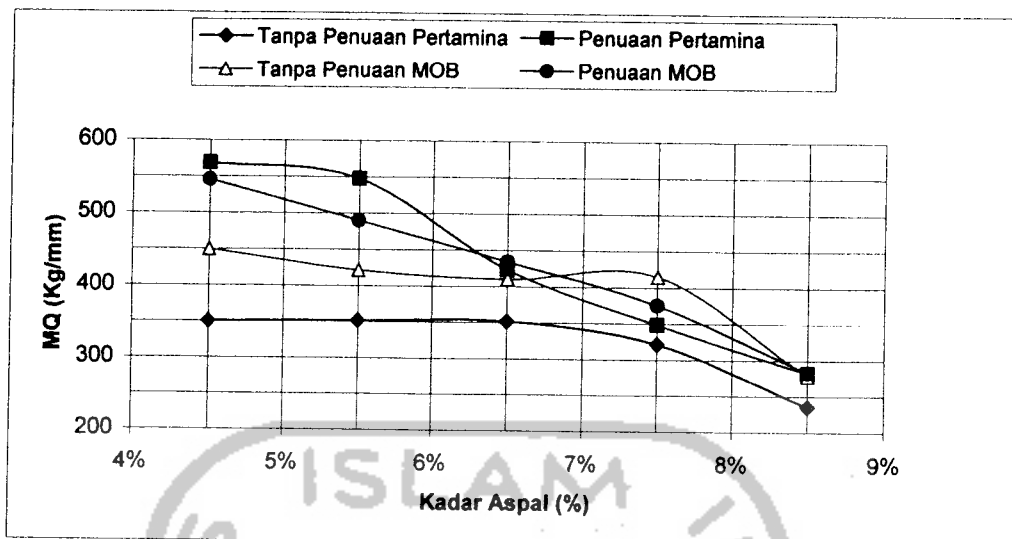
Stabilitas yang tinggi dengan *flow* yang rendah akan menghasilkan nilai QM yang tinggi sehingga campuran akan menjadi kaku dan fleksibilitasnya rendah. Sebaliknya nilai stabilitas yang rendah dengan nilai *flow* yang tinggi akan menghasilkan campuran dengan nilai QM yang rendah sehingga campuran menjadi plastisitas dan akibatnya lapis keras akan mengalami deformasi yang besar apabila menerima beban lalu lintas.

Dari hasil penelitian didapatkan hubungan kadar aspal dengan nilai *Marshall Quotient* dengan rendaman water bath pada suhu 60°C selama kurang lebih 30 menit, ditunjukkan pada Tabel 7.7 dan Gambar 7.7 berikut ini.

Tabel 7.7 Nilai Density Campuran HRS B Hasil Pengujian *Marshall*

Jenis	Proses	Kadar Aspal				
		4,5%	5,5%	6,5%	7,5%	8,5%
Pertamina	Tanpa Penuaan	350,810	352,004	352,111	321,888	235,235
	Penuaan	568,830	547,611	423,225	348,867	282,324
Mitra Olah Bumi	Tanpa Penuaan	449,821	421,309	409,853	414,697	278,398
	Penuaan	546,096	490,091	434,178	375,286	283,167

Sumber : Hasil penelitian di Lab. Jalan Raya FTSP UII



Gambar 7.7 Grafik Hubungan Marshall Quotient dengan Kadar Aspal Campuran HRS B

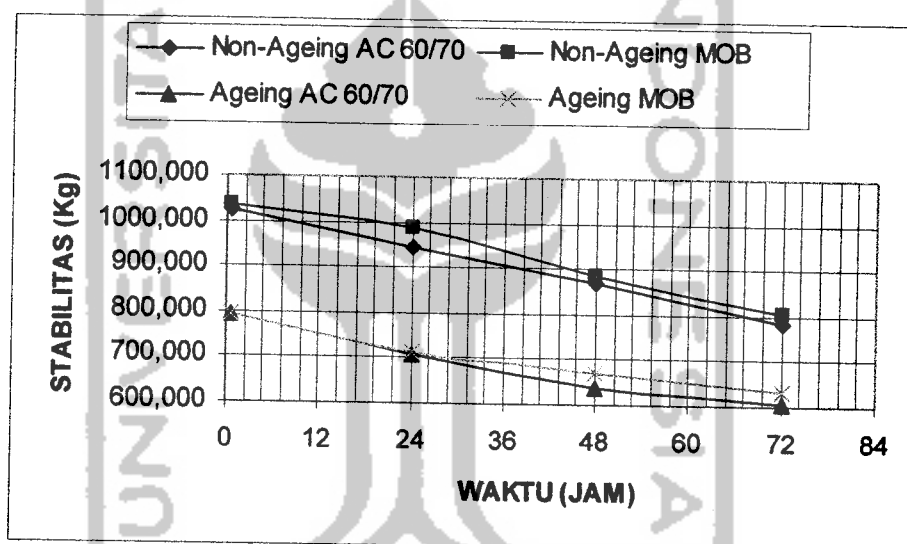
Dari hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *Marshall Quotient* makin kecil. Menurunnya nilai *Marshall Quotient* ini disebabkan oleh seiring naiknya nilai stabilitas dan kenaikan nilai flow yang tinggi. Pada campuran dengan perlakuan penuaan cenderung lebih besar dari campuran tanpa perlakuan penuaan. Hal ini disebabkan nilai stabilitas yang tinggi namun memiliki nilai flow yang rendah, efek dari pemanasan yang berpengaruh pada pelepasan komponen ringan aspal sehingga campuran menjadi lebih getas.

Spesifikasi teknis Bina Marga memberikan persyaratan khusus untuk campuran AC yaitu lebih dari 200 Kg/mm, nilai *Marshall Quotient* dibawah 200 Kg/mm akan mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *washboarding*, *rutting*, dan *bleeding*.

7.2. Uji Rendaman

7.2.1. Stabilitas

Stabilitas rendaman dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan perkerasan untuk menahan beban pada kondisi terendam air (banjir). Dalam penelitian ini kami memberikan variasi rendaman yaitu 24 jam, 48 jam, 72 jam dengan dan tanpa proses penuaan. Nilai stabilitas rendaman 0,5 jam sebagai standar *marshall*, 24 jam, 48 jam, 72 jam sebagai variasi rendaman dapat dilihat pada gambar 7.8 berikut ini.



Gambar 7.8 Grafik Hubungan Stabilitas dengan Lama Perendaman Campuran HRS B

Dari hasil uji rendaman terlihat bahwa pada proses *Ageing* mempunyai nilai stabilitas yang lebih rendah. Hal ini karena adanya rongga dalam campuran yang lebih banyak dari pada campuran *Non-Ageing*, akibatnya kerapatan (*density*) pada campuran semakin rendah. Nilai stabilitas dapat dicerminkan oleh nilai kepadatan (*density*), semakin tinggi nilai *density* maka nilai stabilitas akan semakin tinggi.

7.2.2. Retained Marshall Stability

Retained Marshall Stability (indeks kekuatan sisa *Marshall*) dihasilkan karena adanya proses perendaman. Indeks ini menunjukkan kekuatan yang masih dimiliki campuran setelah mengalami proses perendaman. Pada penelitian ini, perendaman diberikan selama 24 jam, 48 jam, 72 jam pada suhu 60°C. *Retained Marshall Stability* digunakan untuk menentukan turunnya nilai kekuatan (*strength*) dan kekakuan (*stiffness*) campuran beraspal akibat air.

Kriteria minimum untuk nilai *Retained Marshall Stability* adalah 75% (Bina Marga 1987). Apabila suatu campuran yang memiliki nilai *Retained Marshall Stability* $\geq 75\%$ berarti campuran perkerasan tersebut mempunyai daya tahan yang baik terhadap air, sehingga campuran perkerasan tersebut tahan terhadap kerusakan oleh kehadiran air. Hasil uji rendaman dinyatakan dalam Indeks Stabilitas seperti pada Tabel 7.8, Gambar 7.9 dan Gambar 7.10, 7.11, 7.12, 7.13, 7.14 berikut ini.

Tabel 7.8 Nilai Indeks Stabilitas Campuran HRS B Hasil Pengujian *Marshall*
Nilai Indeks Stabilitas Campuran HRS B pada KAO tanpa peneuan (Non-Ageing)

jenis aspal	stabilitas (Kg)		KAO (%)	<i>Retained Marshal Stability</i> ($\geq 75\%$)	Prosentase penurunan stabilitas (%)
	standar (30 menit)	rendaman (24 jam)			
Pertamina	1025,995	941,9297	6,75	91,80646105	8,193538955
MOB	1034,272	989,496	7,25	95,67077133	4,329228675

jenis aspal	stabilitas (Kg)		KAO (%)	<i>Retained Marshal Stability</i> ($\geq 75\%$)	Prosentase penurunan stabilitas (%)
	standar (30 menit)	rendaman (48 jam)			
Pertamina	1025,995	869,7991	6,75	84,77615388	15,22384612
MOB	1034,272	882,8812	7,25	85,36257403	14,63742597

jenis aspal	stabilitas (Kg)		KAO (%)	<i>Retained Marshal Stability</i> ($\geq 75\%$)	Prosentase penurunan stabilitas (%)
	standar (30 menit)	rendaman (72 jam)			
Pertamina	1025,995	781,5898	6,75	76,17871432	23,82128568
MOB	1034,272	805,0297	7,25	77,83539493	22,16460507

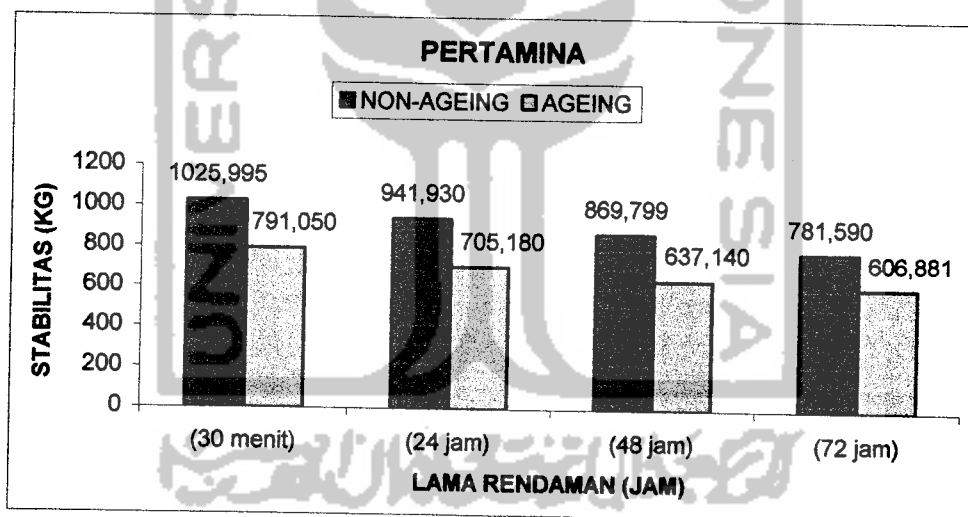
Nilai Indeks Stabilitas Campuran HRS B pada KAO penuaan (Ageing)

jenis aspal	stabilitas (Kg)		KAO (%)	Retained Marshal Stability ($\geq 75\%$)	Prosentase penurunan stabilitas (%)
	standar (30 menit)	rendaman (24 jam)			
Pertamina	791,0458	705,1796	7,1	89,14523575	10,85476425
MOB	793,7171	711,9405	7,7	89,69700917	10,30299083

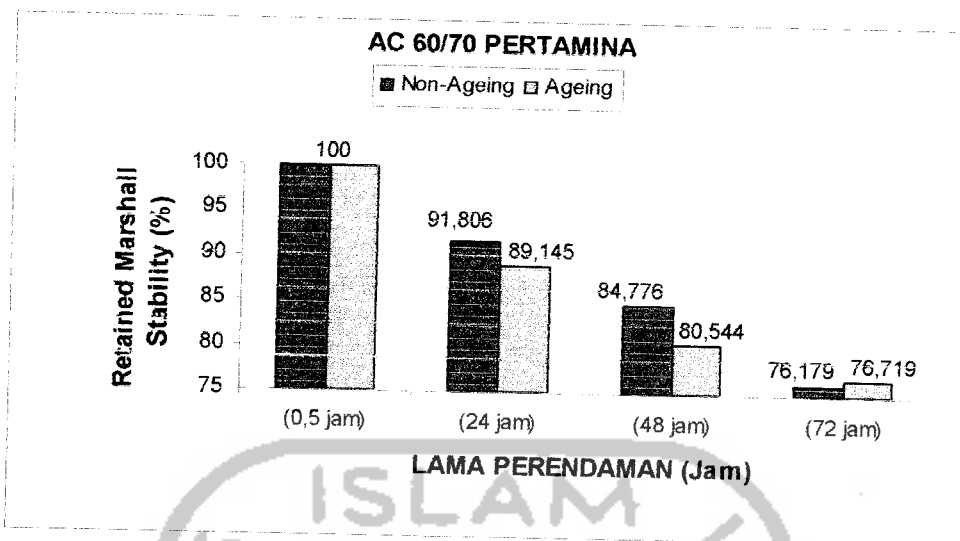
jenis aspal	stabilitas (Kg)		KAO (%)	Retained Marshal Stability ($\geq 75\%$)	Prosentase penurunan stabilitas (%)
	standar (30 menit)	rendaman (48 jam)			
Pertamina	791,0458	637,1401	7,1	80,5440216	19,4559784
MOB	793,7171	670,8736	7,7	84,52301204	15,47698796

jenis aspal	stabilitas (Kg)		KAO (%)	Retained Marshal Stability ($\geq 75\%$)	Prosentase penurunan stabilitas (%)
	standar (30 menit)	rendaman (72 jam)			
Pertamina	791,0458	606,8807	7,1	76,71878164	23,28121836
MOB	793,7171	631,4956	7,7	79,56179853	20,43820147

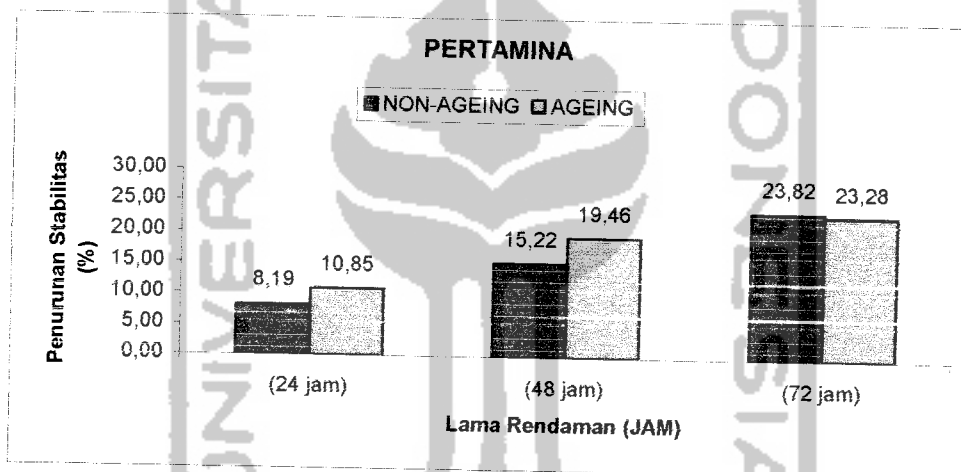
Sumber : Hasil penelitian di Lab. Jalan Raya FTSP UII



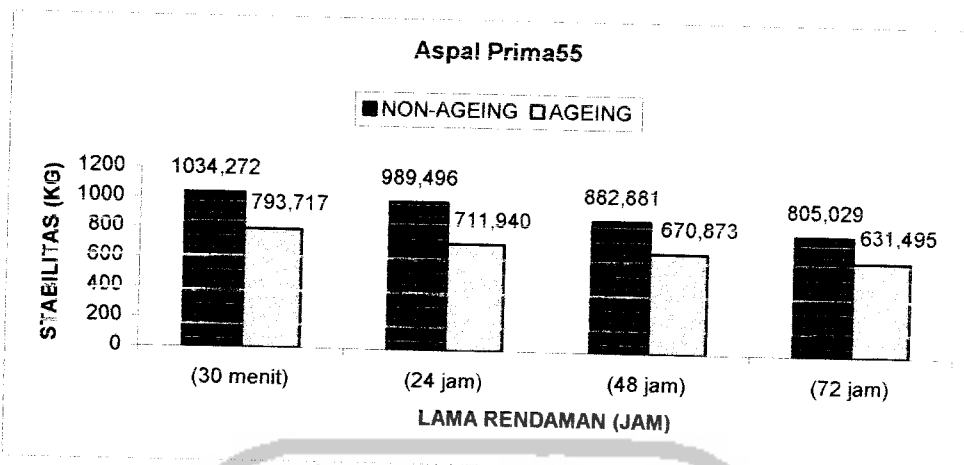
Gambar 7.9 Grafik Hubungan nilai Stabilitas dengan Lama Perendaman Campuran HRS B AC 60/70 Non-Ageing dan Ageing pada Kadar Aspal Optimum



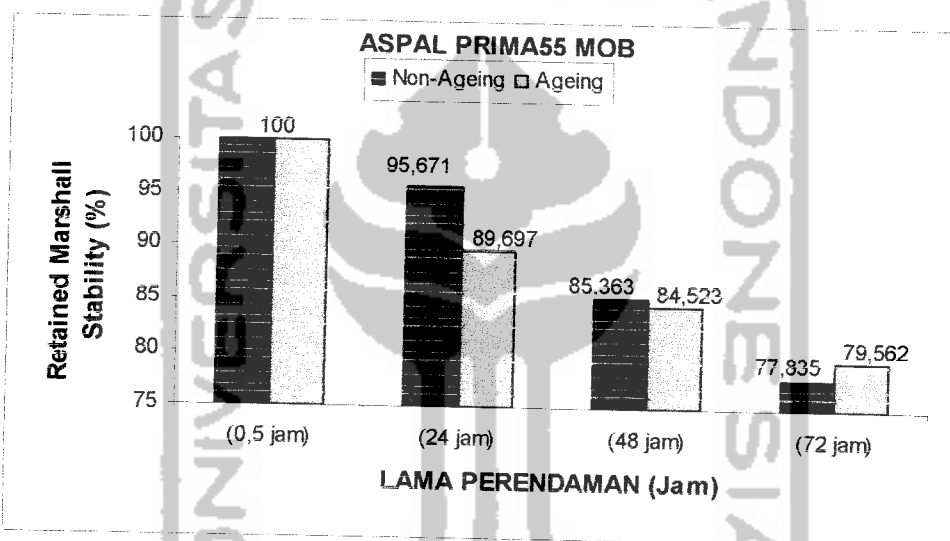
Gambar 7.10 Grafik Hubungan nilai Retained Marshall Stability dengan Lama Perendaman Campuran HRS B AC 60/70 *Non-Ageing* dan *Ageing* pada Kadar Aspal Optimum



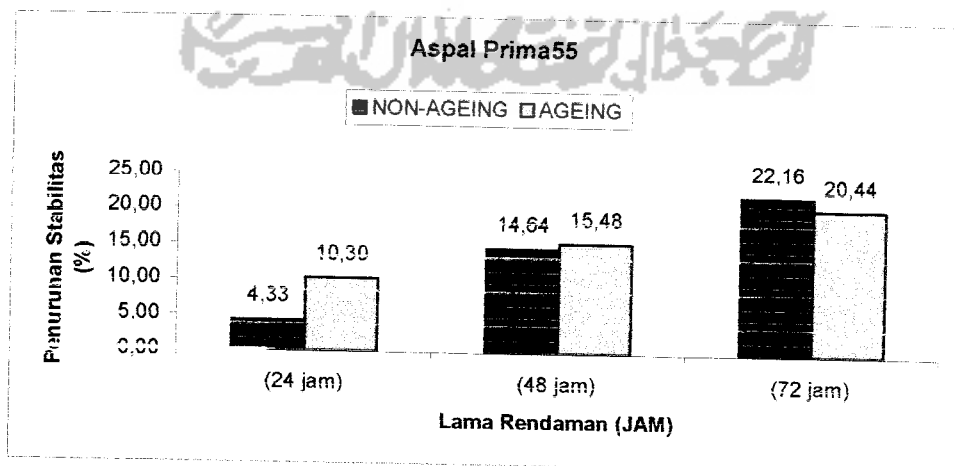
Gambar 7.11 Grafik Hubungan Indeks Stabilitas dengan Lama Perendaman Campuran HRS B AC 60/70 *Non-Ageing* dan *Ageing* pada Kadar Aspal Optimum



Gambar 7.12 Grafik Hubungan nilai Stabilitas dengan Lama Perendaman Campuran HRS B Aspal Prima55 *Non-Ageing* dan *Ageing* pada Kadar Aspal Optimum



Gambar 7.13 Grafik Hubungan nilai Retained Marshall Stabilitas dengan Lama Perendaman Campuran HRS B Aspal Prima55 *Non-Ageing* dan *Ageing* pada Kadar Aspal Optimum



Gambar 7.14 Grafik Hubungan Indeks Stabilitas dengan Lama Perendaman Campuran HRS B Aspal Prima55 *Non-Ageing* dan *Ageing* pada Kadar Aspal Optimum

Dari hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa semakin lama campuran mengalami rendaman terhadap air akan mengakibatkan penurunan nilai stabilitas, bertolak belakang dengan teori yang sudah dikemukakan di atas bahwa nilai stabilitas akan cenderung naik bersamaan dengan naiknya nilai *density*. Hal ini disebabkan karena rongga yang terdapat di dalam campuran sebagian sudah terisi oleh lelehan aspal bebas yang diakibatkan oleh panas dari proses oksidasi. Dapat terlihat jelas dari nilai yang ditunjukkan oleh menurunnya nilai VITM dan naiknya nilai VFWA. Kepadatan campuran akan bertambah seiring naiknya VFWA oleh karena terisinya rongga yang dikandung campuran tersebut, tetapi disisi lain pada waktu yang bersamaan terbentuknya rongga baru oleh akibat proses oksidasi dan panas juga terjadinya penipisan dan pelepasan film aspal yang menyelimuti butiran agregat sehingga proses deformasi campuran terjadi. Berkurangnya kadar aspal bebas akan mengurangi 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, sehingga deformasi awal sudah dialami oleh campuran tersebut.

Dari hasil penelitian diperoleh nilai stabilitas dengan menggunakan Aspal Prima55 (dengan proses *Ageing* maupun *Non-Ageing*) yang ditunjukkan dengan grafik di atas cenderung lebih tinggi dari AC 60/70. Hal ini disebabkan Aspal Prima55 memiliki nilai penetrasi yang lebih rendah (aspal menjadi lebih keras). Subarkah (2001) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa semakin keras bitumen kendatipun mengakibatkan *voids* dalam campuran yang lebih besar, namun masih

menghasilkan stabilitas yang lebih besar. Sehingga dengan nilai penetrasi yang rendah menjadikan viskositas campuran menjadi tinggi, lebih dominan dalam menentukan nilai stabilitas.

Dari hasil di atas diketahui bahwa campuran memiliki nilai *Retained Marshall Stability* $\geq 75\%$, berdasar teori yang telah disebutkan sebelumnya berarti semua campuran memiliki ketahanan terhadap air, suhu dan udara.

7.3. Uji Deformasi Plastis Campuran HRS-B

Deformasi plastis merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan perkerasan. Deformasi plastis terjadi akibat beban melampaui daya dukung lapisan perkerasan sehingga terjadi perubahan bentuk. Deformasi plastis dapat dipengaruhi oleh stabilitas perkerasan, sifat bahan ikat dan kohesi campuran. Selanjutnya laju terjadinya deformasi plastis ditentukan oleh faktor-faktor luar seperti volume lalu lintas, beban gandar kendaraan, tekanan ban, geometrik jalan, dan suhu perkerasan.

Studi yang dilakukan oleh Puslitbang Jalan menunjukkan adanya kaitan yang erat antara terjadinya deformasi plastis dengan tingginya kadar aspal, dan penurunan rongga udara dalam campuran (VITM) selama masa pelayanannya. Kesimpulan serupa antara lain diperoleh pula dari penelitian TRL di Malaysia dan beberapa Negara Afrika, dan studi oleh NCAT (*National Center of Asphalt Paving Technology*) di Amerika Serikat (*Smith dan Jones, 1996; Brown dan Cross, 1992*). Pentingnya peranan rongga udara dalam campuran antara lain tercermin pada prosedur perencanaan campuran versi *Superpave* (*Cominsky et al,*

1994) dan prosedur *Marshall* dari *The Asphalt Institute* (1994). Kedua Prosedur tersebut menekankan pentingnya mempertahankan nilai rongga udara minimum tertentu setelah pemadatan sekunder oleh lalu lintas.

Merujuk pada studi yang dilakukan oleh Puslitbang Jalan menunjukkan pentingnya menjaga agar VITM pada batas antara tiga hingga lima persen (*Dardak et al*, 1992). Campuran dengan VITM di bawah ambang tiga persen mempunyai peluang untuk mengalami deformasi plastis lima kali lebih besar dari pada campuran yang mempunyai VITM lebih besar. Studi tersebut sekaligus menunjukkan bahwa campuran yang pada masa pelayanannya mempunyai VITM yang lebih besar dari sembilan persen mempunyai peluang lima kali lebih besar untuk mengalami retak dari pada campuran dengan VITM antara tiga hingga lima persen.

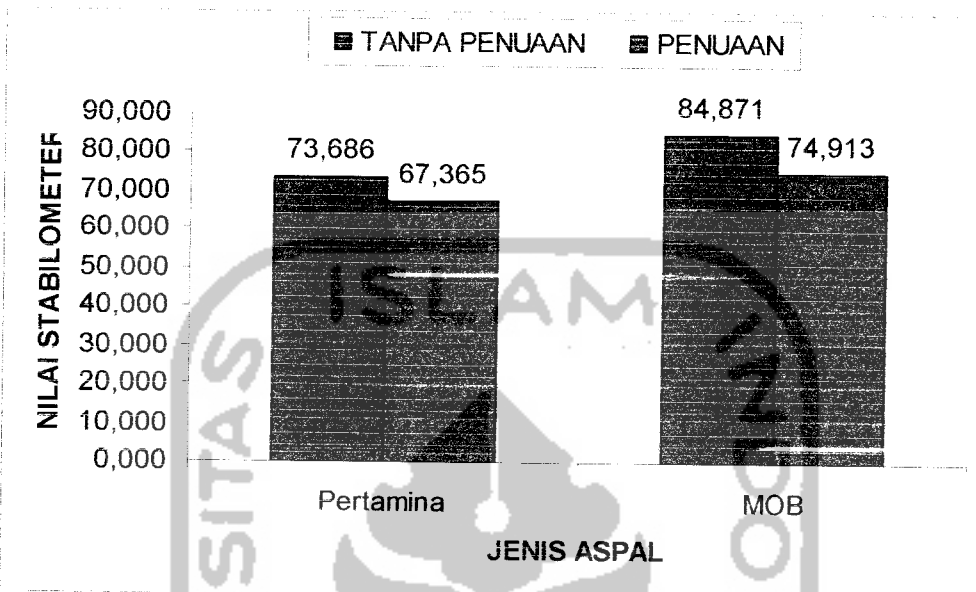
Hasil pengujian deformasi plastis campuran berdasarkan *Hveem Stabilometer* seperti pada Tabel 7.9 dan Gambar 7.15 berikut ini dan diuji pada masing-masing Kadar Aspal Optimumnya.

Tabel 7.9 Nilai Stabilometer Campuran HRS B Hasil Pengujian *Marshall*

Jenis Aspal	Proses	Perubahan Benda Uji (inch)	Stabilometer Value	VITM (%)
Pertamina	Tanpa Penuaan	0,880	75,738	3,672
		0,970	68,711	3,171
		0,870	76,608	3,554
	Rata -rata	0,907	73,686	3,466
	Penuaan	1,075	61,999	4,769
		1,015	66,042	4,687
0,900		74,055	4,131	
Rata -rata	0,997	67,365	4,529	
MOB	Tanpa Penuaan	0,780	85,448	4,122
		0,750	88,866	3,805
		0,830	80,300	4,120
	Rata -rata	0,787	84,871	4,016

	Penuaan	0,840	79,344	4,501
		0,850	78,411	4,306
	Rata -rata	0,895	74,913	4,642

Sumber : Hasil Penelitian di Lab. Teknik SipiL UGM



Gambar 7.15 Grafik Hubungan Nilai Stabilomer dengan Jenis Aspal Campuran HRS B pada Kadar Aspal Optimum

Dari hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa nilai stabilometer lebih tinggi pada campuran *Non-Ageing* dibandingkan dengan campuran yang telah mengalami proses *Ageing*. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari hilangnya komponen ringan dari aspal sehingga pada campuran pada proses penuaan terdapat rongga yang cukup tinggi, sehingga berpengaruh pada kemampuan campuran untuk menahan beban triaksial yang bekerja. Campuran dengan menggunakan aspal prima55 memiliki nilai stabilometer yang lebih tinggi daripada campuran menggunakan AC 60/70, berarti campuran menggunakan aspal prima55 mempunyai ketahanan yang lebih besar terhadap deformasi plastis yang terjadi.

Kriteria minimum untuk nilai Stabilometer adalah ≥ 37 (AASHTO T-190). Adapun besarnya nilai *Stabilometer* pada masing-masing campuran, yaitu AC 60/70 *Non-Ageing* sebesar 73,686 dan perlakuan *Ageing* sebesar 67,365 terjadi penurunan persentase sebesar 8,578 % sedangkan pada Aspal Prima55 *Non-Ageing* sebesar 84,871 dan dengan perlakuan *Ageing* sebesar 74,913 dengan penurunan persentase sebesar 11,73%. Dari hasil diatas campuran yang memiliki nilai *Stabilometer* ≥ 37 berarti campuran perkerasan tersebut mempunyai daya tahan yang baik terhadap deformasi plastis yang dialami terhadap kerusakan akibat beban yang bekerja.

Berdasarkan hasil pengujian VITM, didapat selisih nilai pada campuran *Non-Ageing* dengan campuran yang mengalami proses *Ageing* (AC 60/70 dan Aspal Prima55). Hal ini pengaruhi besarnya rongga dalam campuran akibat dari perlakuan *Ageing*. Adapun besarnya nilai VITM pada masing-masing campuran, yaitu AC 60/70 *Non-Ageing* sebesar 3,466 % dan perlakuan *Ageing* sebesar 4,529% terjadi peningkatan persentase rongga sebesar 30,669 % sedangkan pada Aspal Prima55 *Non-Ageing* sebesar 4,016% dan dengan perlakuan *Ageing* sebesar 4,404% dengan peningkatan persentase rongga sebesar 9,66%, dari hasil ini diketahui bahwa campuran dengan proses *Ageing*(yang disimulasikan dengan campuran pada masa pelayanan) mempunyai peluang untuk mengalami deformasi dan retak-retak lebih awal daripada campuran tanpa proses *Non-Ageing*. Namun kedua campuran tersebut mempunyai nilai VITM kisaran tiga sampai lima persen, dimana campuran memenuhi syarat untuk lebih kecil mengalami deformasi plastis.