

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1 Hasil Pemeriksaan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk campuran perkerasan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan aspal semen penetrasi 60/70 sebelum digunakan untuk pembuatan sampel terlebih dahulu dilakukan serangkaian pemeriksaan seperti dalam lampiran 1 dan 2, sehingga didapatkan hasil seperti Tabel 6.1 sampai dengan Tabel 6.3 berikut ini.

Tabel 6.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Keausan dengan mesin Los Angles	Maks. 40%	28.8
2	Kelekatan terhadap aspal	> 95%	98%
3	Penyerapan air	Maks. 3%	2.11%
4	Berat jenis	Min. 2.5	2.749

Sumber : Hasil Penelitian, Laboratorium Jalan Raya Jur. Teknik Sipil FTSP, UII, 2004

Hasil pemeriksaan agregat kasar menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memenuhi syarat yang ditetapkan. Nilai abrasi $\leq 40\%$, kelekatan terhadap aspal 98% dan penyerapan agregat $\leq 3\%$, hal ini menunjukkan bahwa agregat kasar tersebut baik digunakan untuk perkerasan lapis aspal beton.

Tabel 6.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Penyerapan air	Maks. 3%	1.95%
2	Berat jenis semu	Min. 2.5	2.95
3	<i>Sand Equivalent</i>	Min. 50	75.22%

Sumber : Hasil Penelitian, Laboratorium Jalan Raya Jur. Teknik Sipil FTSP, UII, 2004

Hasil pemeriksaan agregat halus menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memenuhi syarat yang ditetapkan. Nilai *sand equivalent* 75.22% menyatakan bahwa kadar lempung pada agregat halus jumlahnya kecil. Penyerapan agregat $\leq 3\%$ menunjukkan bahwa agregat halus tersebut baik digunakan sebagai lapis aspal beton. Berat jenis agregat $\geq 2.5\%$ menunjukkan bahwa agregat tersebut memiliki volume yang kecil, sehingga hanya memerlukan kadar aspal yang sedikit.

Tabel 6.3 Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi AC 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil	Satuan
		Min	Maks		
1	Penetrasi	60	80	61.9	0.1mm
2	Titik lembek	48	58	53	°C
3	Titik Nyala	200	-	347.5	°C
4	Titik Bakar	200	-	371.5	°C
5	Kelarutan Dalam CCL 4	99	-	99.67	% berat
6	Daktilitas	100	-	> 165	cm
7	Berat jenis	1	-	1.004	

Sumber : Hasil Penelitian, Laboratorium Jalan Raya Jur. Teknik Sipil FTSP.UH, 2004

Hasil pemeriksaan aspal penetrasi 60/70 menunjukkan bahwa aspal yang digunakan memenuhi syarat yang ditetapkan. Penetrasi 61.9 merupakan parameter tingkat fleksibilitas aspal yang baik, tidak terlalu lunak. Titik lembek pada 53°C menunjukkan parameter bahwa aspal tersebut dapat menjadi lunak pada temperatur tersebut. Titik nyala dan titik bakar $\geq 200^\circ\text{C}$ menunjukkan bahwa aspal tersebut dapat dipanaskan hingga temperatur maksimum 200°C pada saat pembuatan sampel, tanpa menyebabkan aspal terbakar. Daktilitas ≥ 165 cm menunjukkan parameter tingkat kohesi dari aspal, pemeriksaan dilakukan pada

temperatur ruang 25°C. Berat jenis aspal yang dihasilkan dari pemeriksaan ini ≥ 1 yang menunjukkan bahwa aspal tersebut dapat digunakan di dalam campuran, kelarutan dalam CCl₄ 99.167% yang menunjukkan tingkat kemurnian aspal ini merupakan murni aspal.

Bahan ikat aspal penetrasi 60/70 dengan penambahan Retona B6060 juga dilakukan serangkaian pemeriksaan untuk mengetahui besarnya nilai penetrasi dan titik lembek bahan ikat campuran ini, hasil pemeriksaannya dapat dilihat pada lampiran 3 dan tabel 6.4 berikut ini

Tabel 6.4 Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Retona

No.	Pemeriksaan	Satuan	Proporsi Retona			
			0 %	5 %	10 %	15 %
1	Penetrasi	0.1 mm	61.9	51.7	48.7	44.7
2	Titik Lembek	°C	53	51.5	52.5	53.5

Sumber : Hasil Penelitian, Laboratorium Jalan Raya Jur. Teknik Sipil FTSP.UIL, 2004

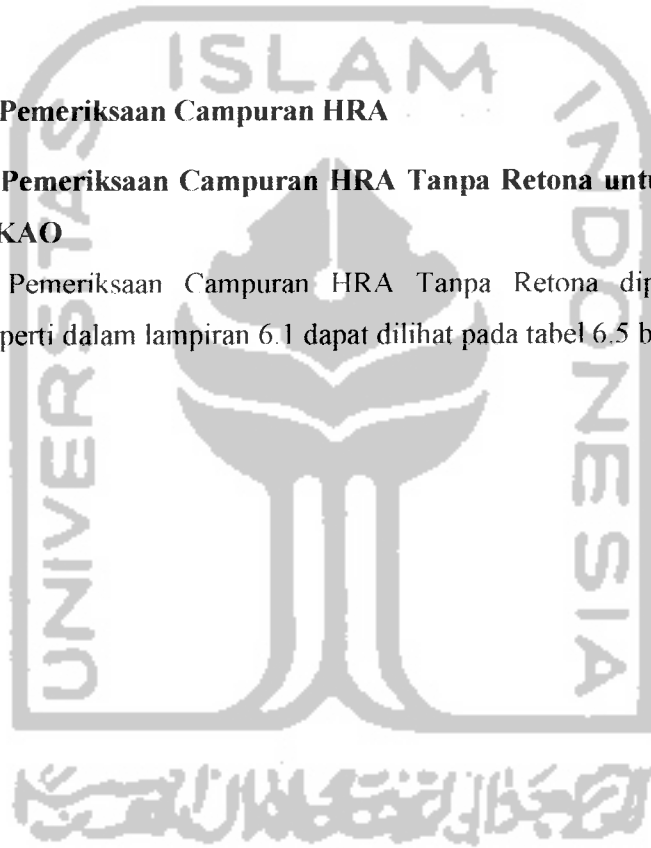
Selain pemeriksaan di atas, juga dilakukan pemeriksaan ekstraksi terhadap Retona seperti dapat dilihat pada Lampiran 3. Dari hasil pemeriksaan ekstraksi Retona ditemukan bahwa Retona mengandung *filler* alami sebesar 3.44% dan 96.56% kandungan merupakan bahan ikat dari Retona.. Dari hasil pemeriksaan penetrasi campuran Aspal 60/70 dan Retona B6060 diperoleh penurunan angka penetrasi dengan penambahan proporsi retona sebesar 5%, 10%, 15%. Hal ini dikarenakan nilai penetrasi bahan ikat Retona yang lebih kecil dari aspal dan kandungan *filler* alami yang terdapat pada Retona sehingga mengakibatkan bahan ikat campuran menjadi lebih keras, hal ini mengindikasikan bahan ikat campuran aspal 60/70 dengan Retona ini memiliki nilai viskositas yang lebih tinggi dari aspal penetrasi 60/70 murni.

Pada pemeriksaan titik lembek diperoleh penurunan suhu titik lembek dengan penambahan proporsi Retona. Hal ini juga disebabkan karena adanya pengaruh dari bahan ikat dalam Retona yang memiliki nilai Titik lembek yang rendah sebesar 56°C dan sedikitnya kandungan *filler* alami yang terdapat pada Retona. Sehingga bahan ikat campuran ini memerlukan temperatur yang tidak terlalu tinggi untuk mencapai titik lembek.

6.2 Hasil Pemeriksaan Campuran HRA

6.2.1 Hasil Pemeriksaan Campuran HRA Tanpa Retona untuk Menentukan Nilai KAO

Hasil Pemeriksaan Campuran HRA Tanpa Retona diperoleh dari uji *Marshall* seperti dalam lampiran 6.1 dapat dilihat pada tabel 6.5 berikut ini.



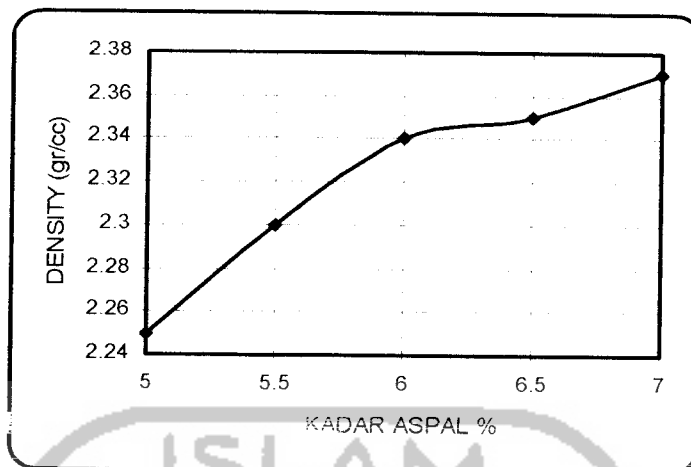
Tabel 6.5 Hasil Uji *Marshall* Untuk Campuran HRA Tanpa Retona untuk menentukan nilai KAO

No	Kadar aspal (%)		Density (gr/cc)	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
1	5.0	I	2.23	20.21	55.03	9.09	1031.55	1.21	852.523
	5.0	II	2.25	19.65	57.01	8.45	1873.24	1.36	1377.384
	5.0	III	2.27	18.89	59.84	7.59	2289.71	0.80	2862.142
Rata-rata			2.25	19.58	57.29	8.37	1731.50	1.456	1697.35
2	5.5	I	2.30	18.27	68.96	5.67	2386.26	4.05	589.199
	5.5	II	2.30	18.41	68.31	5.83	2342.14	1.77	1323.241
	5.5	III	2.29	18.51	67.87	5.95	2148.26	1.30	1652.510
Rata-rata			2.30	18.40	68.38	5.82	2292.22	2.37	1188.317
3	6.0	I	2.33	17.70	78.60	3.79	2763.60	3.79	729.181
	6.0	II	2.34	17.37	80.41	3.40	2339.31	1.70	1376.064
	6.0	III	2.34	17.21	81.34	3.21	2727.03	1.80	1515.016
Rata-rata			2.34	17.43	80.12	3.47	2609.98	2.43	1206.753
4	6.5	I	2.34	17.65	85.92	2.48	1898.92	3.60	527.479
	6.5	II	2.35	17.24	88.40	2.00	1618.74	1.90	851.968
	6.5	III	2.35	17.53	86.64	2.34	2168.64	1.80	1204.803
Rata-rata			2.35	17.47	86.99	2.27	1803.477	2.433	861.416
5	7.0	I	2.37	17.14	96.39	0.62	1733.90	2.01	862.637
	7.0	II	2.37	16.97	97.54	0.42	1585.34	2.02	784.821
	7.0	III	2.37	17.26	95.56	0.77	1728.39	2.15	803.902
Rata-rata			2.37	17.12	96.50	0.60	1682.54	2.06	817.12

Sumber : Hasil Penelitian, Laboratorium Jalan Raya Jur. Teknik Sipil FTSP.UIL, 2004

6.2.1.1 Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Dengan Nilai Density

Density merupakan nilai yang menunjukkan besaran dari kepadatan pada suatu campuran yang diukur tiap satuan volume. *Density* dipengaruhi beberapa faktor antara lain kualitas bahan, kadar aspal, komposisi bahan penyusunnya, temperatur, jumlah tumbukan serta sifat bahan ikat. Campuran dengan nilai *density* yang tinggi memiliki kecenderungan menahan beban lalu lintas yang tinggi, akan tetapi tidak selalu dengan nilai *density* yang tinggi meningkatkan nilai stabilitas karena peningkatan stabilitas dapat disebabkan oleh faktor lain. Grafik hubungan antara penambahan kadar aspal terhadap nilai *density* dapat dilihat pada Gambar 6.1 berikut ini :



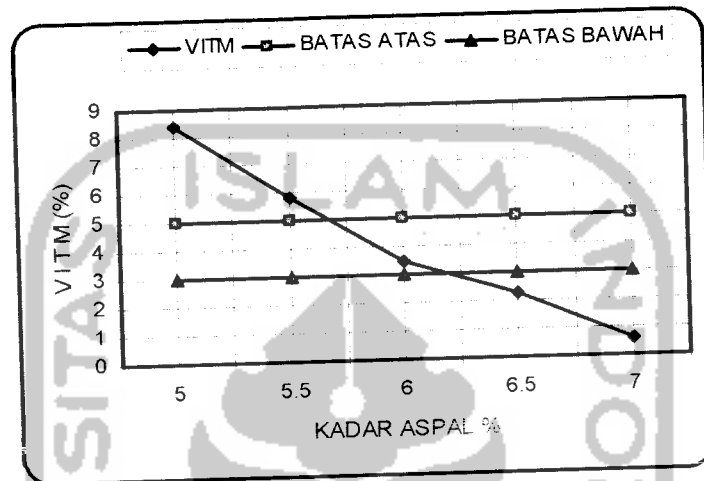
Gambar 6.1 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Density*

Dari hasil penelitian, nilai *density* mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kadar aspal. Hal ini sesuai dengan kecenderungan nilai *density* meningkat dengan bertambahnya kadar aspal. Pada grafik di atas untuk kadar aspal 5% sampai 7% tidak sampai terjadi penurunan nilai *density* yang dikarenakan fungsi aspal masih sebagai bahan ikat dan jika mengalami penurunan ini dikarenakan fungsi aspal sebagai bahan ikat menjadi pelicin sehingga nilai *density* akan mengalami penurunan.

6.2.1.2 Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Dengan Nilai VITM

Nilai VITM menunjukkan prosentase rongga dalam total campuran. VITM berpengaruh terhadap kedekatan campuran. Nilai VITM yang kecil cenderung meningkatkan kedekatan campuran terhadap udara dan air, akan tetapi meningkatkan potensi untuk terjadinya *bleeding*. Hal ini terjadi pada saat perkerasan mencapai temperatur yang tinggi. Bahan ikat akan mencair dan naik kepermukaan apabila menerima beban lalu lintas yang besar. Sebaliknya dengan nilai VITM yang besar perkerasan akan kurang kedap terhadap air maupun udara,

sehingga campuran akan lebih mudah teroksidasi dan diresapi air. Hal ini mengakibatkan turunnya tingkat keawetan campuran sehingga dapat terjadi kerusakan pada perkerasan. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VITM dapat dilihat pada Gambar 6.2 berikut ini.



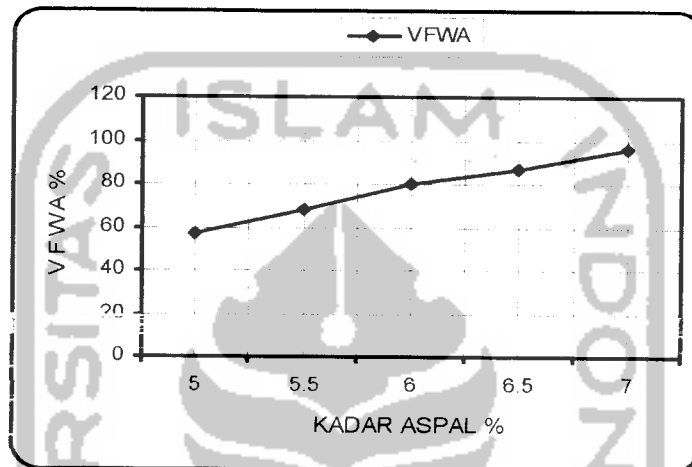
Gambar 6.2 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VITM

Dari hasil penelitian, nilai VITM mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini sesuai dengan kecenderungan nilai VITM yang akan terus turun bila kadar aspal yang digunakan semakin besar. Terjadinya penurunan nilai VITM disebabkan prosentase rongga dalam campuran telah terisi oleh aspal sehingga prosentase rongga yang ada dalam campuran semakin kecil. Berdasarkan persyaratan nilai VITM pada Bina Marga 1987 maka kadar aspal yang memenuhi syarat yaitu pada 6%, dengan nilai VITM 3.47%.

6.2.1.3 pengaruh penambahan kadar aspal dengan nilai VFWA

Nilai VFWA menunjukkan prosentase rongga di dalam campuran yang terisi oleh aspal atau bahan ikat. Dengan nilai VFWA yang tinggi maka kedekatan campuran terhadap air dan udara semakin baik. Namun nilai VFWA yang terlalu

tinggi mengakibatkan potensi terjadinya *bleeding* lebih besar. Sebaliknya bila nilai VFWA terlalu kecil menunjukkan rongga yang ada pada campuran cukup besar, sehingga kedekatan terhadap udara dan air semakin rendah dan keawetan campuran menjadi berkurang. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VFWA dapat dilihat pada Gambar 6.3 berikut ini.

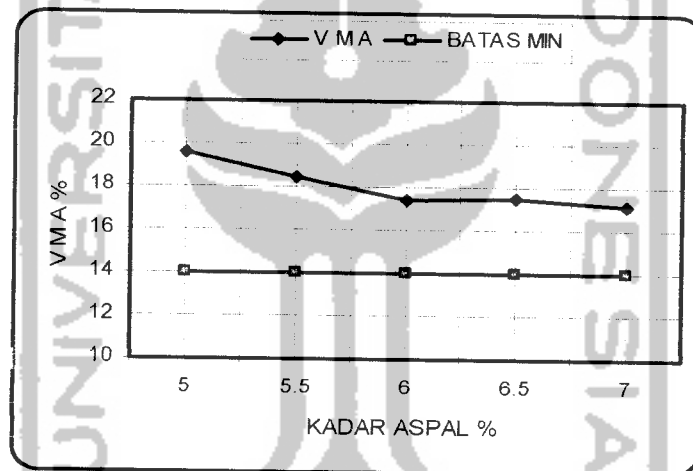


Gambar 6.3 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFWA

Dari hasil penelitian, nilai VFWA mengalami peningkatan dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran. Hal ini sesuai dengan kecenderungan nilai VFWA yaitu mengalami peningkatan dengan penambahan persentase kadar aspal. Ini menunjukkan terisinya rongga yang terdapat pada campuran dengan aspal. Menurut persyaratan Bina Marga 1983 nilai untuk VFWA antara 75 % - 82 %, maka terpenuhi pada kadar aspal 6%. Namun nilai VFWA pada penelitian ini tidak digunakan untuk mencari kadar aspal optimum, karena persyaratan yang digunakan mengacu pada Bina Marga 1987.

6.2.1.4 pengaruh penambahan kadar aspal dengan nilai VMA

Nilai pori dalam agregat campuran (VMA) menunjukkan banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat yang dinyatakan dalam prosentase. Nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, cara pemadatan yang digunakan dan sifat bahan ikat. Kadar aspal yang tinggi memberikan kecenderungan peningkatan nilai VMA ini disebabkan oleh rongga antar agregat yang semakin besar yang disebabkan makin tebalnya *film* aspal yang menyelubungi. Grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 6.4 berikut ini :



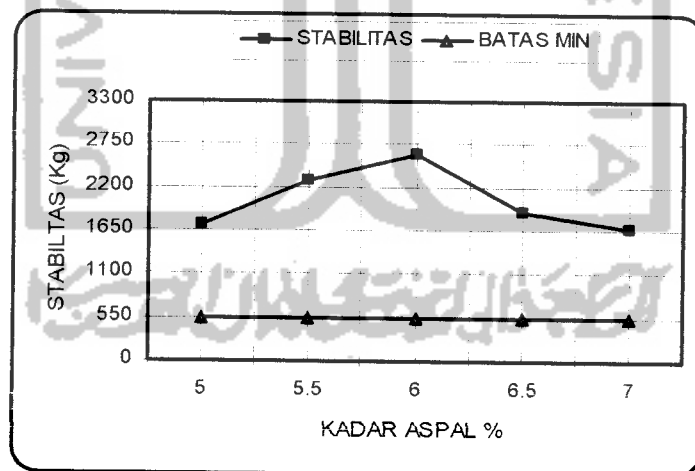
Gambar 6.4 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VMA

Dari hasil penelitian, nilai VMA menunjukkan kecenderungan turun sampai persentase kadar aspal 6% kemudian mengalami peningkatan dengan bertambahnya persentase kadar aspal. Hal ini sudah sesuai dengan kecenderungan nilai VMA yang akan turun sampai mencapai nilai minimum dan kemudian kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal. Peningkatan nilai VMA ini disebabkan makin tebalnya *film* aspal yang menyelubungi agregat sehingga jarak

antar rongga agregat menjadi lebih besar. Walaupun demikian pada semua kadar aspal pada penelitian ini nilai VMA memenuhi syarat yang telah ditetapkan Bina Marga 1987 yaitu ≥ 14 .

6.2.1.5 pengaruh penambahan kadar aspal dengan nilai Stabilitas

Stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan lapis perkerasan menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Stabilitas terjadi dari hasil tahanan gesek antar butir, penguncian antar pertikel dan daya ikat yang baik dari bahan ikat. Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan perkerasan menjadi kaku dan cepat mengalami retak, sedangkan stabilitas yang rendah mengakibatkan perkerasan cenderung lebih fleksibel sehingga akan mudah mengalami *rutting*. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai Stabilitas dapat dilihat pada gambar 6.5 berikut ini.



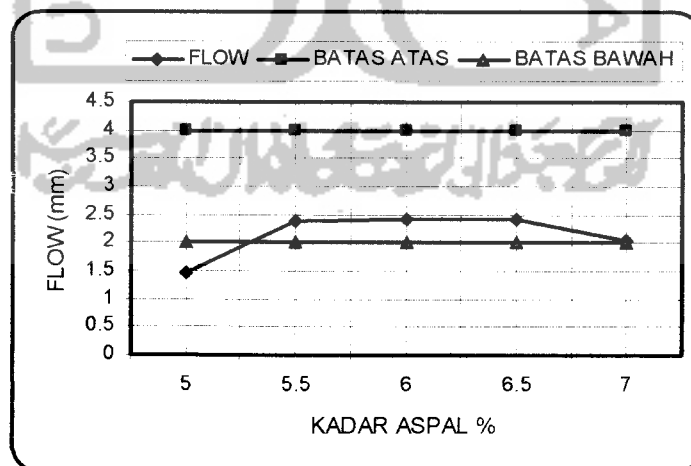
Gambar 6.5 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

Dari hasil penelitian, stabilitas meningkat seiring bertambahnya proporsi agregat hingga kadar aspal 6%, kemudian mengalami penurunan dengan

bertambahnya lagi kadar aspal. Hal ini sesuai dengan kecenderungan dari stabilitas, dimana stabilitas akan mengalami peningkatan hingga batas optimum dan turun kembali setelah batas optimum tersebut. Hal ini disebabkan karena aspal yang awalnya berfungsi sebagai bahan pengikat antar agregat dalam campuran berubah fungsinya sebagai pelicin setelah batas optimum. Walaupun demikian pada semua kadar aspal pada penelitian ini nilai stabilitasnya memenuhi syarat yang telah ditetapkan Bina Marga 1987 yaitu ≥ 550 kg.

6.2.1.6 Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Dengan Nilai Flow

Flow menunjukkan besarnya penurunan yang terjadi pada suatu perkerasan akibat beban yang diterimanya selama melayani lalu lintas. Campuran dengan nilai kelelahan tinggi akan memiliki kecenderungan bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban. Sebaliknya dengan nilai *flow* rendah, campuran akan memiliki kecenderungan bersifat getas, mudah retak jika melebihi batas dukungannya dan durabilitas rendah. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *flow* dapat dilihat pada gambar 6.6 berikut ini

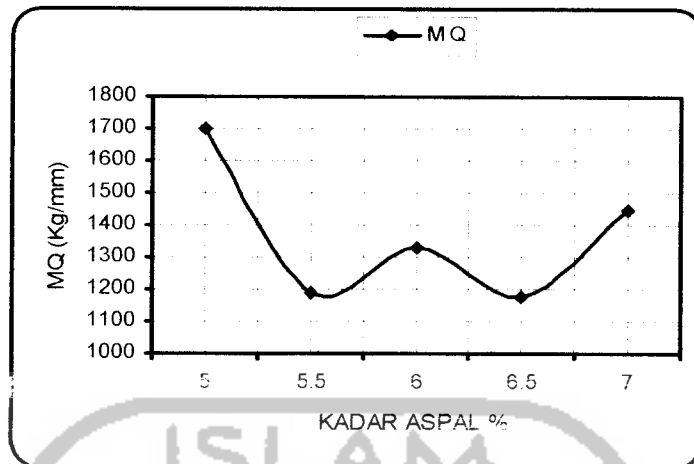


Gambar 6.6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Flow*

Dari hasil penelitian, *Flow* mengalami peningkatan hal ini sesuai dengan kecenderungan nilai *flow* yang akan mengalami peningkatan dengan bertambahnya prosentase kadar aspal. *Flow* dapat merupakan indikator terhadap lentur dimana *flow* menunjukkan tingkat fleksibilitas dari perkerasan. Bertambahnya kadar aspal menyebabkan berkurangnya kemampuan perkerasan menahan deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas yang berulang karena tingkat kekakuan yang rendah dan fleksibilitas yang meningkat. Persyaratan terpenuhi pada prosentase kadar aspal 5.5% - 7%.

6.2.1.7 Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Dengan Nilai MQ

Marshall Quotient merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dengan kelelahan plastis. Nilai *Marshall Quotient* pada perencanaan perkerasan dengan metode *Marshall* digunakan sebagai pendekatan tingkat kekakuan dan nilai *flexibilitas* perkerasan. *Flexibilitas* akan naik diakibatkan oleh penambahan kadar aspal dan akan turun setelah sampai pada batas optimum, yang disebabkan berubahnya fungsi aspal sebagai pengikat menjadi pelicin. Nilai MQ besar menunjukkan kekakuan lapis perkerasan yang tinggi dan berakibat mudah retak-retak, sebaliknya bila nilai MQ kecil menunjukkan terlalu plastis yang berakibat perkerasan mengalami *deformasi* yang besar bila menerima beban lalu lintas.



Gambar 6.7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient*

Dari hasil penelitian, *Marshall Quotient* menunjukkan penurunan, hal ini tidak sesuai dengan kecenderungannya yaitu mengalami peningkatan sampai batas optimum dan kemudian mengalami penurunan kembali setelah batas optimum tersebut. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yang antara lain pengaruh dari nilai stabilitas dan *flow* karena *Marshall Quotient* merupakan perbandingan antara stabilitas dan *flow*. Nilai *Marshall quotient* dapat dijadikan parameter kemampuan perkerasan dalam menahan deformasi yaitu bila mengalami penurunan maka menyebabkan perkerasan lebih fleksibel dan kurang kaku.

Setelah didapat data dari Gambar 6.1 sampai 6.7 maka dilakukan perhitungan kadar aspal optimum yang mengacu pada metode dan persyaratan Bina Marga yang sesuai pada Table 6.6 berikut ini.

Tabel 6.6 Spesifikasi Marshall Properties untuk lalu lintas Tinggi

No	Spesifikasi Jenis Pemeriksaan	Persyaratan
1	Stabilitas (kg)	550
2	Flow (mm)	2 – 4
3	VITM (%)	3 – 5
4	VMA(%)	≥ 14

Sumber : Petunjuk Laston Untuk Jalan Raya, Bina Marga 1987

Berdasarkan persyaratan pada table 6.6 maka kadar aspal optimum sebesar 5.91 % yang diperoleh dengan menentukan nilai tengah dari semua kadar aspal yang memenuhi persyaratan, seperti pada tabel 6.7 berikut ini

Tabel 6.7 Kadar Aspal Optimum

Karakteristik	Kadar Aspal Dalam Campuran				
	5 %	5.5 %	6 %	6.5 %	7 %
Stabilitas (kg)	[Bar chart showing stability values across asphalt percentages]				
Flow (mm)	[Bar chart showing flow values across asphalt percentages]				
VITM (%)	[Bar chart showing VITM values across asphalt percentages]				
VMA(%)	[Bar chart showing VMA values across asphalt percentages]				
Kadar Aspal Optimum		5.66%	5.91%	5.16%	

Sumber : Hasil Penelitian, Laboratorium Jalan Raya Jur. Teknik Sipil FTSP.UII, 2004

6.2.2 Hasil Pemeriksaan Campuran HRA dan Retona B6060

Pada pemeriksaan ekstraksi Retona B6060 ternyata ditemukan kandungan *filler* alami pada Retona sebesar 3.43 % sehingga dilakukan pemeriksaan kandungan *filler*, bahan ikat Retona dan bahan ikat aspal pada campuran aspal 60/70 dengan Retona 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) 5.91% dan campuran HRA, hasil pemeriksaan kandungan *filler* terlihat pada tabel 6.8 di bawah ini.

Tabel 6.8 Prosentase Kandungan *Filler*, Bahan Ikat Retona dan Aspal 60/70 pada KAO 5.91%

Proporsi Retona(%)	KAO		
	<i>filler</i> (%)	%Bahan Ikat Retona(%)	Bahan Ikat Aspal(%)
0	0	0	100 %
5	0.1718	4.8282	95 %
10	0.3436	9.6564	90 %
15	0.5154	14.4846	85 %

Sumber : Hasil Penelitian, Laboratorium Jalan Raya Jur. Teknik Sipil FTSP.UII, 2004



Karena adanya *filler* dalam campuran bahan ikat aspal dan Retona maka dalam pemeriksaan campuran ada dua faktor yang mempengaruhi karakteristik *marshall* campuran HRA yaitu pengaruh dari *filler* Retona dan bahan ikat Retona.

Untuk dapat melihat sejauh mana pengaruh *filler* dan bahan ikat dari Retona dilakukan serangkaian uji *marshall* pada campuran HRA, adapun hasil pemeriksaan Campuran *Hot Rolled Asphalt* (HRA) dengan Retona diperoleh dari uji *Marshall* yang menunjukkan nilai-nilai dari Kepadatan (*Density*), VMA, VITM, VFWA, Stabilitas, Kelelahan (*Flow*), dan *Marshall Quontien*. Nilai-nilai tersebut menunjukkan sifat atau karakteristik dari campuran. Adapun nilai-nilai dari hasil pengujian *marshall* campuran HRA dengan bahan ikat campuran aspal semen penetrasi 60/70 dan Retona B6060 dapat dilihat dalam Lampiran 6.2 dan pada Tabel 6.9 berikut ini.

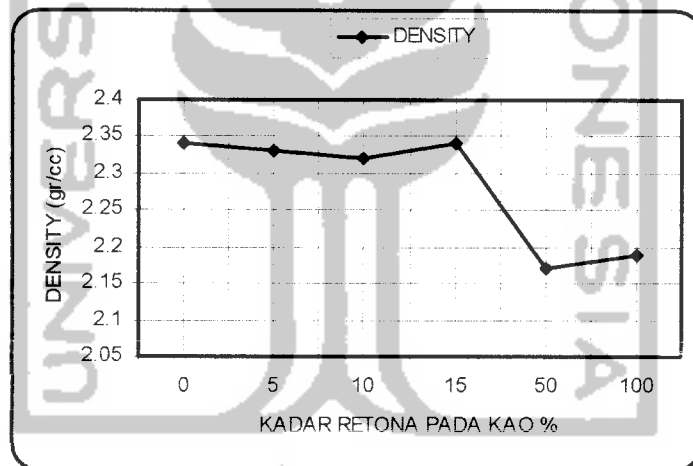
Tabel 6.9 Hasil Uji *Marshall* untuk Campuran HRA dan Retona pada KAO

No	Kadar Retona		<i>Density</i> (gr/cc)	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	MQ (kg/mm)
1	0	I	2.34	17.29	79.57	3.53	2961.31	4.75	623.433
	0	II	2.33	17.53	78.27	3.81	2839.70	3.50	811.342
	0	III	2.35	16.82	82.27	2.98	2833.61	5.00	566.721
Rata-rata			2.34	17.21	80.04	3.44	2878.20	4.42	667.165
2	5	I	2.36	16.52	84.03	2.64	2991.59	1.40	651.669
	5	II	2.31	18.28	74.36	4.69	3234.62	1.70	1902.720
	5	III	2.32	18.00	75.81	4.35	3389.00	1.40	2420.714
Rata-rata			2.33	17.60	78.07	3.89	3205.07	1.05	1658.368
3	10	I	2.29	18.82	71.75	5.32	2960.44	2.20	1637.770
	10	II	2.31	18.08	75.35	4.46	2767.73	2.50	1107.093
	10	III	2.34	17.13	80.50	3.34	3492.80	4.00	873.199
Rata-rata			2.32	18.01	75.87	4.37	3073.66	2.90	1206.021
4	15	I	2.33	17.48	78.53	3.75	3337.83	4.90	681.190
	15	II	2.35	16.89	81.86	3.06	3374.01	4.00	843.502
	15	III	2.35	16.96	81.44	3.15	3080.62	2.40	1283.590
Rata-rata			2.34	17.11	80.61	3.32	3264.15	3.77	936.094

Sumber : Hasil Penelitian, Laboratorium Jalan Raya Jur. Teknik Sipil FTSP.UII, 2004

6.2.2.1. Pengaruh Penambahan Proporsi Retona dengan Nilai *Density*

Density merupakan nilai yang menunjukkan besaran dari kepadatan pada suatu campuran yang diukur tiap satuan volume. *Density* dipengaruhi beberapa faktor antara lain kualitas bahan, kadar aspal, komposisi bahan penyusunnya, temperatur, jumlah tumbukan serta sifat bahan ikat. Campuran dengan nilai *density* yang tinggi memiliki kecenderungan menahan beban lalu lintas yang tinggi, akan tetapi tidak selalu dengan nilai *density* yang tinggi meningkatkan nilai stabilitas karena peningkatan stabilitas dapat disebabkan oleh faktor lain. Grafik hubungan antara proporsi penambahan Retona pada kadar aspal optimum terhadap nilai *density* dapat dilihat pada Gambar 6.8 berikut ini :



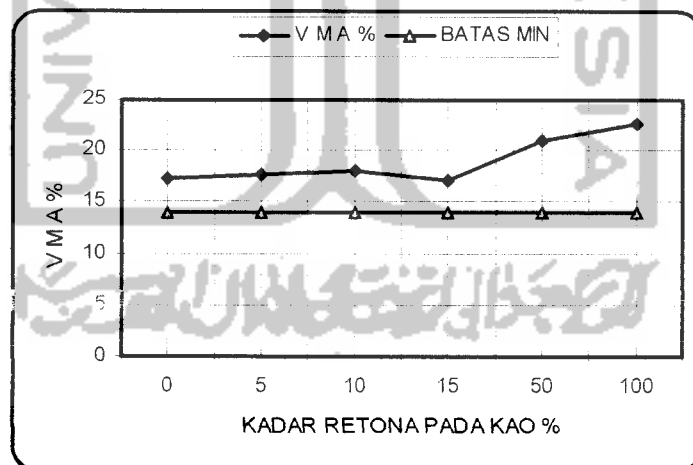
Gambar 6.8 Grafik hubungan antara proporsi Retona dengan nilai *Density*

Dari Gambar 6.8 dapat dilihat bahwa nilai *density* mengalami penurunan yang sangat kecil seiring dengan penambahan proporsi Retona hingga 10%, kemudian mengalami peningkatan seiring dengan penambahan proporsi Retona 15%. dan mengalami penurunan yang sangat besar pada penambahan proporsi Retona 50% dan 100%. Penurunan nilai *density* disebabkan oleh viskositas bahan

ikat pada proporsi penambahan Retona. Viskositas bahan ikat semakin tinggi menyebabkan sulitnya bahan ikat mengisi rongga, sehingga rongga dalam campuran cenderung lebih besar yang mengakibatkan terjadinya penurunan nilai *density*.

6.2.2.2 Pengaruh Penambahan Proporsi Retona dengan Nilai VMA

Nilai pori dalam agregat campuran (VMA) menunjukkan banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat yang dinyatakan dalam prosentase. Nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, cara pemadatan yang digunakan dan sifat bahan ikat. Kadar aspal yang tinggi memberikan kecenderungan peningkatan nilai VMA ini disebabkan oleh rongga antar agregat yang semakin besar yang disebabkan makin tebalnya *film* aspal yang menyelubungi. Retona pada kadar aspal optimum terhadap nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 6.9 berikut ini :



Gambar 6.9 Grafik hubungan antara proporsi Retona dengan nilai VMA

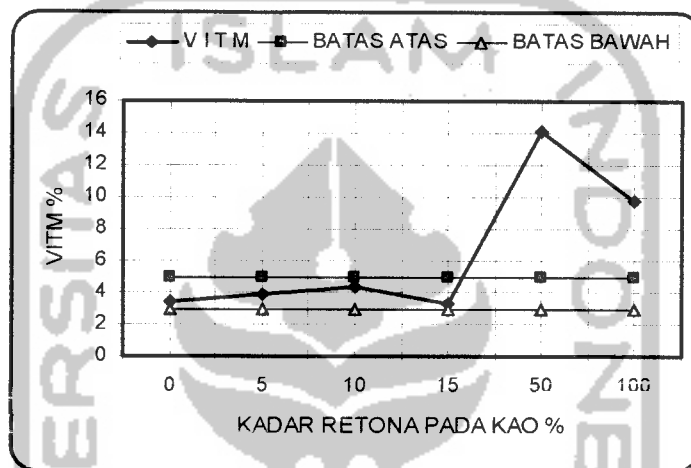
Dari Gambar 6.9 dapat dilihat bahwa nilai VMA mengalami peningkatan dengan bertambahnya proporsi Retona sampai 10%, kemudian mengalami

penurunan kembali pada penambahan proporsi Retona sebesar 15%. dapat dilihat dari grafik diatas dengan bertambahnya proporsi retona sebesar 50% dan 100% meningkatkan nilai VMA yang terlalu besar. Peningkatan nilai VMA disebabkan Viskositas bahan ikat yang cenderung semakin tinggi ini dapat terlihat dari penurunan nilai penetrasi dan viskositas yang tinggi (lebih solid) akan sukar menyelubungi permukaan agregat sehingga mengakibatkan rongga diantara agregat tidak terisi dengan baik pada saat pemadatan yang mengakibatkan rongga di dalam campuran menjadi lebih besar. Setelah peningkatan sampai batas optimum nilai VMA mengalami penurunan pada penambahan proporsi Retona 15%. kemudian mengalami peningkatan kembali pada penambahan proporsi Retona sebesar 50% dan 100%. Hal ini mengindikasikan bahwa kandungan kadar Retona 50% dan 100% sangat mempengaruhi jumlah bahan ikat yang menyelubungi permukaan agregat karena besarnya pengaruh volume bahan ikat yang terkandung dalam campuran akibat adanya kandungan Retona pada KAO tersebut sehingga nilai VMA pada campuran mengalami kenaikan. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 1987, nilai VMA yang memenuhi persyaratan pada proporsi Retona 0 %, 5 %, 10 %, dan 15 %.

6.2.2.3 Pengaruh Penambahan Proporsi Retona dengan Nilai VITM

Nilai VITM menunjukkan prosentase rongga dalam total campuran. VITM berpengaruh terhadap kededapan campuran. Nilai VITM yang kecil cenderung meningkatkan kededapan campuran terhadap udara dan air, akan tetapi meningkatkan potensi untuk terjadinya *bleeding*. Hal ini terjadi pada saat perkerasan mencapai temperatur yang tinggi. Bahan ikat akan mencair dan naik

kepermukaan apabila menerima beban lalu lintas yang besar. Sebaliknya dengan nilai VITM yang besar perkerasan akan kurang kedap terhadap air maupun udara, sehingga campuran akan lebih mudah teroksidasi dan diresapi air. Hal ini mengakibatkan turunnya tingkat keawetan campuran sehingga dapat terjadi kerusakan pada perkerasan. Grafik hubungan antara proporsi Retona terhadap aspal optimum dengan nilai VITM dapat dilihat pada Gambar 6.10 berikut ini.



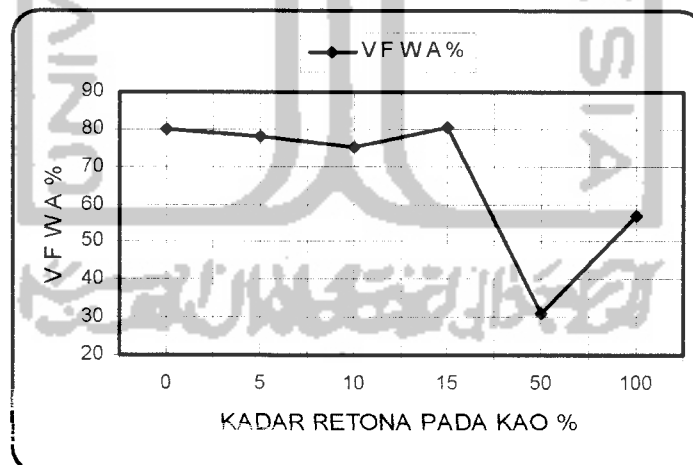
Gambar 6.10 Grafik hubungan antara proporsi Retona dengan nilai VITM

Dari gambar 6.10 dapat dilihat bahwa nilai VITM mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar Retona dari 0 % sampai 100 %. tetapi peningkatan nilai VITM yang sangat signifikan terjadi pada kadar Retona 50% dan 100%. Kenaikan nilai VITM disebabkan oleh viskositas bahan ikat yang tinggi pada penambahan proporsi Retona, viskositas yang tinggi menyebabkan bahan ikat kurang dapat menyelubungi permukaan agregat sehingga mengakibatkan rongga dalam campuran tidak terisi dengan baik pada saat pemadatan, hal tersebut memberikan kecenderungan rongga dalam campuran menjadi besar. dan nilai VITM yang sangat besar pada proporsi Retona 50% dan 100% dapat

mengakibatkan berkurangnya kedekatan air, sehingga berakibat meningkatnya proses Oksidasi yang dapat mempercepat penuaan aspal. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 1987, nilai VITM yang memenuhi persyaratan pada proporsi Retona 0 %, 5 %, 10 %, dan 15 %.

6.2.2.4 Pengaruh Penambahan Proporsi Retona dengan Nilai VFWA

Nilai VFWA menunjukkan prosentase rongga di dalam campuran yang terisi oleh aspal atau bahan ikat. Dengan nilai VFWA yang tinggi maka kedekatan campuran terhadap air dan udara semakin baik. Namun nilai VFWA yang terlalu tinggi mengakibatkan potensi terjadinya *bleeding* lebih besar. Sebaliknya bila nilai VFWA terlalu kecil menunjukkan rongga yang ada pada campuran cukup besar, sehingga kedekatan terhadap udara dan air semakin rendah dan keawetan campuran menjadi berkurang. Grafik hubungan antara proporsi Retona terhadap aspal optimum dengan nilai VFWA dapat dilihat pada Gambar 6.11 berikut ini.



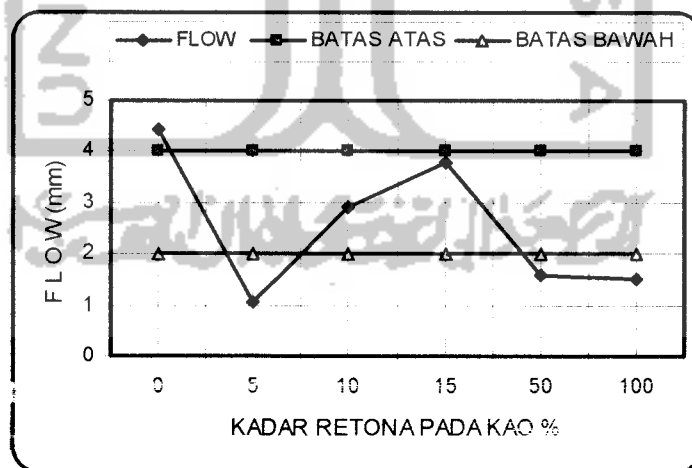
Gambar 6.11 Grafik hubungan antara proporsi Retona dengan nilai VFWA

Dari Gambar 6.11 dapat dilihat bahwa nilai VFWA mengalami penurunan hingga batas optimum yaitu pada penambahan proporsi Retona 10%, setelah itu

nilai VFWA kembali mengalami peningkatan pada proporsi retona 15%. Penurunan nilai VFWA terbesar terjadi pada penambahan proporsi Retona 50% dan 100% hal ini disebabkan kandungan bahan ikat pada campuran mengalami penurunan dikarenakan kandungan yang terdapat dalam Retona, penurunan nilai VFWA yang sangat besar dapat menyebabkan potensi *bleeding* yg tinggi.

6.2.2.5. Pengaruh Penambahan Proporsi Retona dengan Nilai *Flow*

Flow menunjukkan besarnya penurunan yang terjadi pada suatu perkerasan akibat beban yang diterimanya selama melayani lalu lintas. Campuran dengan nilai kelelahan tinggi akan memiliki kecenderungan bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti derformasi akibat beban. Sebaliknya dengan nilai *flow* rendah, campuran akan memiliki kecenderungan bersifat getas, mudah retak jika melebihi batas dukungannya dan durabilitas rendah. Grafik hubungan antara proporsi Retona terhadap aspal optimum dengan nilai *flow* dapat dilihat pada gambar 6.12 berikut ini

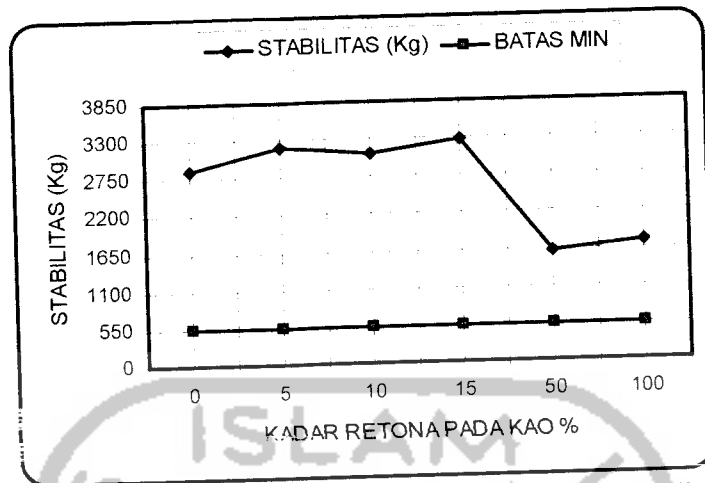


Gambar 6.12 Grafik hubungan antara proporsi Retona dengan nilai *Flow*

Dari Gambar 6.12 dapat dilihat bahwa nilai *flow* mengalami penurunan dengan bertambahnya proporsi Retona. Hal ini mengindikasikan fleksibilitas campuran mengalami penurunan dengan bertambahnya proporsi Retona. Penurunan fleksibilitas disebabkan makin besarnya viskositas bahan ikat dengan bertambahnya Retona, hal ini ditunjukkan dengan penurunan nilai penetrasi dan titik lembek bahan ikat Aspal dan Retona. Viskositas bahan ikat yang tinggi menyebabkan campuran menjadi lebih keras sehingga fleksibilitas campuran mengalami penurunan. Dengan turunnya nilai fleksibilitas campuran mengakibatkan nilai *flow* mengalami penurunan. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 1987, nilai *flow* yang memenuhi persyaratan pada proporsi Retona 0% sampai 15% dengan nilai *flow* minimum 2 mm dan nilai *flow* maksimum 4 mm

6.2.2.6 Pengaruh Penambahan Proporsi Retona dengan Nilai Stabilitas

Stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan lapis perkerasan menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Stabilitas terjadi dari hasil tahanan gesek antar butir, penguncian antar pertikel dan daya ikat yang baik dari bahan ikat. Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan perkerasan menjadi kaku dan cepat mengalami retak, sedangkan stabilitas yang rendah mengakibatkan perkerasan cenderung lebih fleksibel sehingga akan mudah mengalami *rutting*. Grafik hubungan antara proporsi Retona terhadap aspal optimum dengan nilai Stabilitas dapat dilihat pada gambar 6.13 berikut ini.

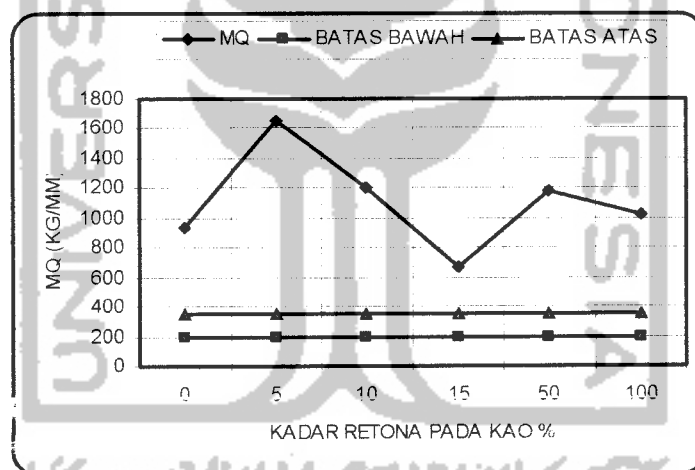


Gambar 6.13 Grafik hubungan antara proporsi Retona dengan nilai Stabilitas

Dari Gambar 6.13 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas mengalami peningkatan dengan bertambahnya proporsi Retona. Hal ini mengindikasikan kemampuan campuran untuk menahan deformasi yang terjadi akibat beban yang bekerja di atasnya mengalami peningkatan seiring bertambahnya proporsi Retona. Peningkatan nilai stabilitas disebabkan viskositas bahan ikat yang tinggi yang ditunjukkan dengan rendahnya nilai penetrasi. Rendahnya penetrasi bahan ikat yang dimiliki memberikan kecenderungan kekakuan (*stiffnes*) pada campuran, sehingga memberikan kemampuan yang lebih baik untuk menahan deformasi akibat beban yang bekerja di atasnya. tetapi tidak dengan penambahan proporsi retona yang sangat besar yaitu 50% dan 100% penambahan kadar retona yg sangat besar akan mengakibatkan penurunan nilai stabilitas dan akan mengurangi kekakuan. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 1987, nilai Stabilitas yang memenuhi persyaratan pada proporsi Retona 0% sampai 15% dengan nilai persyaratan stabilitas ≥ 550 kg

6.2.2.7 Pengaruh penambahan proporsi Retona dengan nilai MQ

Marshall Quotient merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dengan kelelahan plastis. Nilai *Marshall Quotient* pada perencanaan perkerasan dengan metode *Marshall* digunakan sebagai pendekatan tingkat kekakuan dan nilai *flexibilitas* perkerasan. *Flexibilitas* akan naik diakibatkan oleh penambahan kadar aspal dan akan turun setelah sampai pada batas optimum, yang disebabkan berubahnya fungsi aspal sebagai pengikat menjadi pelicin. Nilai MQ besar menunjukkan kekakuan lapis perkerasan yang tinggi dan berakibat mudah retak-retak, sebaliknya bila nilai MQ kecil menunjukkan terlalu plastis yang berakibat perkerasan mengalami *deformasi* yang besar bila menerima beban lalu lintas



Gambar 6.14 Grafik hubungan antara proporsi Retona dengan nilai MQ

Dari Gambar 6.14 dapat dilihat bahwa nilai MQ mengalami peningkatan dengan bertambahnya proporsi Retona sebesar 10%. Kemudian mengalami penurunan dengan bertambahnya proporsi Retona sebesar 15%, 50%, 100% hal ini dikarenakan naiknya nilai *Flow* yang lebih dominan. Hal tersebut diatas mengindikasikan perkerasan tersebut bersifat lebih fleksibel, tetapi perkerasan

tersebut diatas memenuhi persyaratan bina marga 87 yaitu 200-350 (kg/mm). Jadi perkernan tersebut masih mapu menahan deformasi yang terjadi.

6.2.3 Hasil Pengujian Perendaman (*Immersion Test*) Campuran HRA

Hasil pengujian perendaman (*Immersion Test*) seperti dalam Lampiran 5.1 dapat dilihat pada Tabel 6.11 dan Tabel 6.12 berikut ini.

Tabel 6.10 Hasil Uji Perendaman Campuran Aspal dan Retona Optimum 0,5 jam

No	Kadar Retona (%)		Density (gr/cc)	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
I	11.5	I	2.31	18.34	74.09	4.75	2303.00	3.90	580.512
	11.5	II	2.31	18.77	71.98	5.26	2953.35	1.70	1737.266
	11.5	III	2.31	18.01	75.71	4.26	2496.29	2.80	891.531
Rata-rata			2.31	18.37	73.93	4.76	2584.21	2.80	1073.103

Sumber : Hasil Penelitian, Laboratorium Jalan Raya Jur. Teknik Sipil FTSP,UH, 2004

Tabel 6.11 Hasil Uji Perendaman Campuran Aspal dan Retona Optimum 24 jam

No	Kadar Retona (%)		Density (gr/cc)	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
I	11.5	I	2.29	18.87	71.52	5.37	2247.12	1.30	1728.550
	11.5	II	2.29	18.75	72.08	5.24	2379.26	1.00	2379.259
	11.5	III	2.29	18.94	71.20	5.34	1715.49	0.75	2287.313
Rata-rata			2.29	18.85	71.60	5.32	2113.95	1.02	2131.708

Sumber : Hasil Penelitian, Laboratorium Jalan Raya Jur. Teknik Sipil FTSP,UH, 2004

6.2.3.1 Pengaruh Penambahan Proporsi Retona dengan *Index Of Retained Strength*

Index Of Retained Strength atau indeks tahanan kekuatan dapat diketahui dengan perendaman *Marshall* atau *Immersion Test*. Hasil perhitungan indeks tahanan campuran bahan ikat adalah prosentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam dengan pengujian *Immersion* (S2) yang dibandingkan dengan nilai stabilitas campuran biasa yang direndam selama 0.5 jam (S2) dengan suhu perendamam konstan 60°C. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan

perendaman biasa dengan perendaman selama 24 jam. Pengujian ini untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh suhu, cuaca dan air. Apabila indeks tahanan campuran lebih atau sama dengan 75% maka campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan dan kekuatan yang cukup akibat kerusakan oleh suhu, air, dan cuaca.

Pada kadar Retona 10% diperoleh nilai stabilitas dengan rendaman selama 0.5 jam (S1) sebesar 2584.21 kg dan nilai stabilitas dengan rendaman selama 24 jam (S2) sebesar 2113.95 kg, besarnya *Index Of Retained Strength* yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Index Of Retained Strength} &= \frac{S2}{S1} \times 100\% \\ &= \frac{2113,95}{2584,21} \times 100\% \\ &= 81.8025 \% \end{aligned}$$

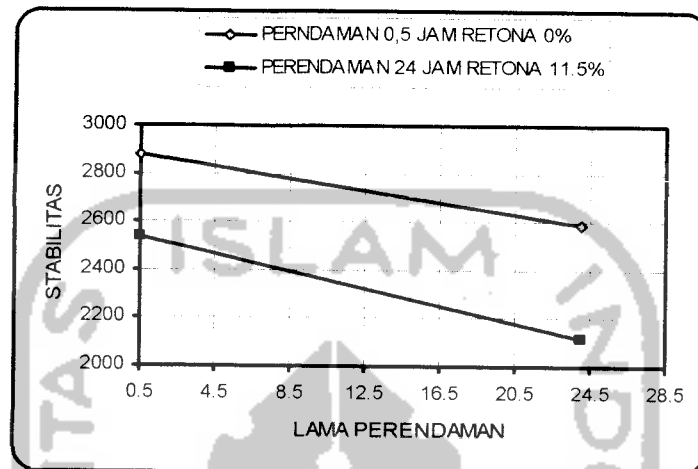
Pengujian *Immersion* dilakukan pada campuran HRA dengan proporsi 0% Retona terhadap 100% AC 60/70, 11.5% Retona (pada kadar Retona Optimum) terhadap 88,5% AC 60-70. Hasil perhitungan *Index Of Retained Strength* pengujian perendaman (*Immersion Test*) dapat dilihat pada Tabel 6.12.

Tabel 6.12 *Index Of Retained Strength* dengan penambahan proporsi Retona Optimum

Penambahan Proporsi Retona (%)	Stabilitas dengan Perendaman		<i>Index Of Retained Strength</i> (%)
	0,5 jam	24 jam	
0	2878.20	2539.73	88.24
11,5	2584.21	2113.95	81.81

Sumber : Hasil Penelitian, Laboratorium Jalan Raya Jur. Teknik Sipil FTSP,U11, 2004

Grafik hubungan antara proporsi Retona dengan nilai *Index Of Retained Strength* dapat dilihat pada Gambar 6.14 sebagai berikut, dengan kadar Retona optimum 11,5% sebagai acuan :



Gambar 6.14 Grafik hubungan antara proporsi Retona dengan nilai *Index Of Retained Strength*

Dari Gambar 6.14 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya lama perendaman, karena semakin lama perendaman maka bahan ikat akan menjadi lebih lunak. Stabilitas yang semakin menurun akan cenderung menurunkan nilai *Index Of Retained Strength*

Pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan Retona P6014 nilai *index of retained strength* meningkat seiring dengan bertambahnya kadar retona sampai pada batas optimum, tetapi pada penelitian ini dengan menggunakan Retona B6060 terjadi penurunan nilai *Index of retained strength*, yang disebabkan lebih rendahnya nilai stabilitas pada campuran Retona dengan kadar 11,5 %

Pada penelitian sebelumnya yang menggunakan retona P6014 stabilitas perendaman 0,5 jam lebih besar dibandingkan dengan perendaman 24 jam dan 48 jam dan nilai *Index Of Retained Strength* cenderung mengalami peningkatan

sampai batas optimum penambahan proporsi Retona 7,3 % kemudian mengalami penurunan. Peningkatan bahan ikat yang mengalami kecenderungan ketahanan campuran terhadap suhu, cuaca dan air ini disebabkan oleh kekentalan (viskositas) bahan ikat yang semakin tinggi dengan bertambahnya proporsi Retona. Viskositas bahan ikat yang tinggi ditunjukkan dengan penurunan nilai penetrasi dan kenaikan titik leleh. Bahan ikat dengan viskositas tinggi akan memberikan ketahanan terhadap *stripping* walaupun ada air dan peningkatan titik leleh dengan penambahan Retona pada campuran dengan proporsi tertentu akan memberikan ketahanan terhadap pengaruh suhu dan cuaca, sehingga akan meningkatkan nilai stabilitas. Stabilitas yang semakin meningkat akan cenderung meningkatkan nilai *Index Of Retained Strength*.

Index Of Retained Strength campuran yang turun setelah batas optimum penambahan proporsi Retona 7,3 %. Hal ini disebabkan viskositas yang tinggi akan mengakibatkan bahan ikat sukar menyelubungi permukaan agregat pada campuran sehingga prosentase rongga dalam campuran lebih besar dan mempengaruhi kedap terhadap air serta semakin mudahnya selimut aspal teroksidasi oleh udara dan menjadi getas, sehingga akan menyebabkan durabilitasnya menurun. %.(Atalamanan dan Agung Budiyono,2004)