

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1. Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini terdiri dari hasil pemeriksaan agregat, pemeriksaan bahan ikat aspal dan hasil pengujian campuran HRS dengan metode *Marshall*. Hasil tersebut diuraikan sebagai berikut :

1. Hasil pemeriksaan agregat

Hasil pemeriksaan agregat dapat dilihat pada tabel 6.1 berikut ini.

Tabel 6.1 Persyaratan dan hasil pemeriksaan agregat

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi (SKBI 2.4.26.1987)	Hasil	Satuan
1.	Abrasi	Maks. 40	30,0	%
2.	Kelekatan terhadap aspal	Min. 95	99	%
3.	Bj. Agregat kasar	> 2,50	2,68	
	Bj. Agregat halus	> 2,50	2,55	
4.	Absorpsi agregat kasar	< 3,00	1,033	%
	Absorpsi agregat halus	< 3,00	2,67	%
5.	<i>Sand Equivalent</i>	Min.50	80,4	%

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya JTS FT UH

2. Hasil pemeriksaan aspal

Hasil pemeriksaan aspal seperti terdapat pada tabel 6.2 berikut ini.

Tabel 6.2 Hasil pemeriksaan sifat aspal jenis AC 60/70

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi (SKBI – 2.4.26.1987)	Hasil	Satuan
1.	Penetrasi	60 – 79	63,5	0,1 mm
2.	Titik lembek	48 – 58	50	°C
3.	Titik nyala	Min. 200	334	°C
4.	Daktilitas	Min. 100	165	cm
5.	Kelarutan dalam CCl ₄	Min. 99	99,47	%
6.	Berat jenis	Min. 1	1,036	-

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya JTS FT UII

3. Hasil pengujian *Marshall*

Dari hasil pengujian *Marshall* didapat karakteristik seperti pada tabel 6.3 berikut ini.

Tabel 6.3 Hasil Uji *Marshall* Campuran HRS

Karakteristik	Kadar Aspal (%)	Variasi Agregat						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>Density</i>	6	2.294	2.300	2.309	2.313	2.318	2.326	2.340
	6.5	2.293	2.298	2.304	2.309	2.311	2.346	2.335
	7	2.288	2.290	2.293	2.301	2.301	2.334	2.330
	7.5	2.279	2.280	2.281	2.286	2.298	2.320	2.333
	8	2.267	2.270	2.272	2.272	2.296	2.335	2.336
VHM	6	3.728	3.514	3.100	2.935	2.728	2.415	1.558
	6.5	3.132	2.910	2.669	2.439	2.375	0.894	1.360
	7	2.660	2.565	2.460	2.123	2.117	0.701	0.861
	7.5	2.404	2.326	2.285	2.083	1.596	0.646	0.072
VFWA	8	2.268	2.105	2.035	2.030	1.002	-0.023	-0.042
	6	78.112	79.150	81.191	82.031	83.141	84.916	89.814
	6.5	82.130	93.237	84.442	85.603	85.935	94.504	91.535
	7	85.325	85.789	86.306	88.055	88.055	85.815	94.920
	7.5	87.296	87.677	87.845	91.239	91.239	96.310	99.618
8	88.542	89.290	89.607	94.680	94.680	100.17	100.29	

Lanjutan tabel 6.3.

Karakteristik	Kadar Aspal (%)	Variasi Agregat						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
Stabilitas (kg)	6	1227.52	1161.76	1704.28	1890.49	1802.92	2213.92	2608.48
	6.5	1256.46	1095.06	1776.80	1891.48	2066.56	2463.52	2485.95
	7	1330.87	1467.78	1405.02	1977.77	1343.03	2103.42	2409.83
	7.5	1259.97	1248.41	1346.67	1179.06	1202.18	1606.75	2271.42
	8	1259.97	1358.23	1063.46	1098.14	1057.68	1396.68	1652.99
Flow (mm)	6	2.400	2.870	2.587	2.230	2.580	2.570	2.420
	6.5	2.730	2.500	3.100	2.700	2.480	2.670	2.530
	7	3.467	2.967	2.233	2.800	3.700	3.450	3.100
	7.5	2.167	3.930	3.467	2.233	3.100	3.300	2.400
	8	2.633	3.233	2.800	3.900	3.067	2.483	1.800
VMA (%)	6	17.016	16.832	16.474	16.332	16.154	15.884	15.146
	6.5	17.517	17.328	17.123	16.927	16.872	15.661	16.008
	7	18.121	18.041	17.952	17.669	17.664	16.473	16.608
	7.5	18.900	18.836	18.802	18.633	18.230	17.440	16.963
	8	19.770	19.636	19.579	19.575	18.731	16.884	16.868
MQ (kg/mm)	6	510.63	449.58	672.86	848.28	700.74	869.00	1036.57
	6.5	456.71	437.33	598.95	703.70	731.53	937.18	980.01
	7	423.68	513.38	628.37	749.36	390.14	610.10	706.40
	7.5	592.84	319.33	437.19	369.46	379.58	492.83	880.80
	8	478.71	488.25	396.67	283.56	358.78	573.46	932.28

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya JTS FT UII

Kemudian dari data tersebut, dibandingkan dengan spesifikasi yang dipakai dalam penelitian ini, yaitu spesifikasi teknis *Hot Rolled Sheet* (HRS) yang baru dari Puslitbang Jalan (1998). Adapun spesifikasinya dapat dilihat pada tabel 6.4 dibawah ini.

Tabel 6.4 Spesifikasi Teknis Campuran HRS menurut Puslitbang Jalan (1998)

Karakteristik	Persyaratan	Satuan
Stabilitas	> 800	kg
VMA	> 18	%
VFWA	> 68	%
VITM	3 – 6	%
Flow	2 – 4	mm
MQ	200 – 500	kg/mm

Sumber : Puslitbang Jalan 1998

6.2 Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum untuk masing-masing campuran diperoleh dengan cara grafis, yaitu dengan cara rentang (*range*) kadar aspal yang memenuhi nilai-nilai *density*, stabilitas, VFWA, VITM, *flow* (kelelehan).

Nilai kadar aspal optimum, berdasarkan spesifikasi dari Puslitbang Jalan (1998), dapat dilihat pada tabel 6.5, tabel 6.6, tabel 6.7, tabel 6.8, tabel 6.9, tabel 6.10 dan tabel 6.11 dibawah ini.

Tabel 6.5 Kadar Aspal Optimum Campuran HRS pada Variasi I

Spesifikasi	Kadar Aspal				
	6 %	6.5 %	7 %	7.5 %	8 %
Density	_____				
Stability	_____				
VFWA	_____				
VITM	_____				
Flow	_____				

Keterangan : $KAO = \frac{6\% + 6,65\%}{2} = 6,325\%$

Tabel 6.6 Kadar Aspal Optimum Campuran HRS pada Variasi II

Spesifikasi	Kadar Aspal				
	6 %	6.5 %	7 %	7.5 %	8 %
Density	_____				
Stability	_____				
VFWA	_____				
VITM	_____				
Flow	_____				

Keterangan : KAO = $\frac{6\% + 6,45\%}{2}$ = 6,225 %

Tabel 6.7 Kadar Aspal Optimum Campuran HRS pada Variasi III

Spesifikasi	Kadar Aspal				
	6 %	6,5 %	7 %	7,5 %	8 %
Density					
Stability					
VfWA					
VITM					
Flow					

Keterangan : KAO = $\frac{6\% + 6,2\%}{2}$ = 6,1 %

Tabel 6.8 Kadar Aspal Optimum Campuran HRS pada Variasi IV

Spesifikasi	Kadar Aspal				
	6 %	6,5 %	7 %	7,5 %	8 %
Density					
Stability					
VfWA					
VITM					
Flow					

Keterangan : KAO pada Variasi IV tidak terpenuhi.

Tabel 6.9 Kadar Aspal Optimum Campuran HRS pada Variasi V

Spesifikasi	Kadar Aspal				
	6 %	6.5 %	7 %	7.5 %	8 %
Density	_____				
Stability	_____				
VFWA	_____				
VITM	_____				
Flow	_____				

Keterangan : KAO pada Variasi V tidak terpenuhi.

Tabel 6.10 Kadar Aspal Optimum Campuran HRS pada Variasi VI

Spesifikasi	Kadar Aspal				
	6 %	6.5 %	7 %	7.5 %	8 %
Density	_____				
Stability	_____				
VFWA	_____				
VITM	_____				
Flow	_____				

Keterangan : KAO pada Variasi VI tidak terpenuhi.

Tabel 6.11 Kadar Aspal Optimum Campuran HRS pada Variasi VII

Spesifikasi	Kadar Aspal				
	6 %	6.5 %	7 %	7.5 %	8 %
Density	_____				
Stability	_____				
VFWA	_____				
VITM	_____				
Flow	_____				

Keterangan : KAO pada Variasi VII tidak terpenuhi.

Dari tabel-tabel tersebut diketahui bahwa dengan memakai spesifikasi Puslitbang Jalan (1998), untuk berbagai variasi agregat (variasi I sampai variasi VII) didapatkan KAO pada variasi I, variasi II dan variasi III dengan nilai 6.325 %, 6.225 % dan 6.1 %. Sedangkan pada variasi IV sampai variasi VII tidak didapatkan nilai KAO, hal ini disebabkan pada variasi tersebut nilai VITM terlalu rendah.

Hasil interpolasi nilai *Marshall* pada kadar aspal optimum dengan kadar aspal 6.325 %, 6.225 % dan 6.1 %, dapat dilihat pada tabel 6.12 dibawah ini.

Tabel 6.12. Hasil uji kadar aspal optimum untuk tiap-tiap variasi.

Karakteristik	Variasi I 6.325 %	Variasi II 6.225 %	Variasi III 6.10 %
<i>Density</i> (gr/cc)	2.2937	2.2991	2.308
VITM (%)	3.5194	3.0365	3.0138
VFWA (%)	80.7237	85.4892	81.841
VMA (%)	17.342	17.162	17.081
Stabilitas (Kg)	1246.331	1131.745	1718.784
<i>Flow</i> (mm)	2.6145	2.7035	2.6896
MQ (Kg mm)	475.585	444.0674	658.077

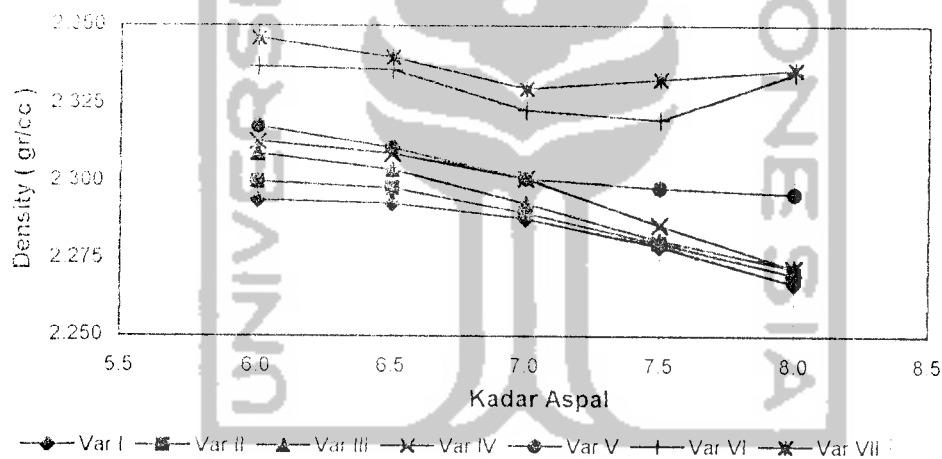
6.3. Pembahasan

6.3.1. Pengaruh kadar aspal terhadap nilai *density*

Density merupakan tingkat kerapatan setelah dipadatkan. Kepadatan (*density*) adalah berat campuran padat tiap satuan volume. *Density* campuran dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu gradasi agregat, 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 (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 semakin tinggi akan menyediakan aspal yang lebih banyak untuk mengisi rongga sehingga campuran lebih padat.

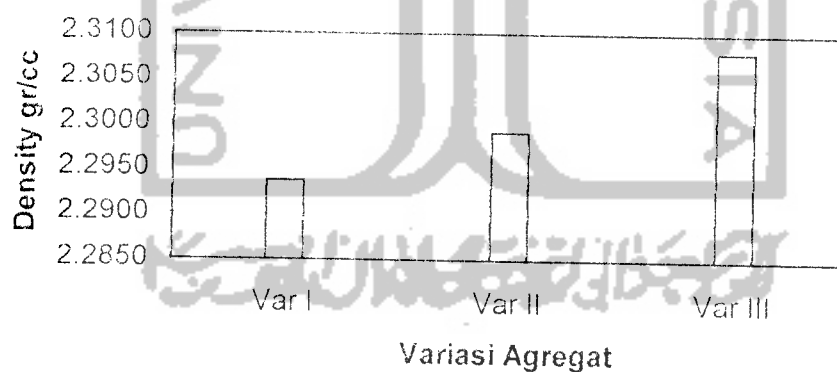
Hubungan kadar aspal dengan nilai *density* pada variasi agregat dapat dilihat pada gambar 6.1 berikut ini.



Gambar 6.1. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan *density* pada variasi agregat.

Hasil penelitian laboratorium terhadap campuran HRS pada variasi agregat dari variasi I sampai variasi V dan variasi VII pada gambar 6.1 menunjukkan bahwa penambahan kadar aspal menyebabkan nilai *density* mengalami penurunan, sedangkan variasi VI mengalami kenaikan nilai *density* sampai batas tertentu (kadar aspal 6.5 %), kemudian mengalami penurunan. Penurunan tersebut terjadi

karena pada campuran HRS sudah tidak tersedia lagi rongga yang cukup untuk dapat diisi oleh penambahan kadar aspal, sehingga terbentuklah rongga baru akibat dari berubahnya kondisi saling mengunci antar partikel agregat yang memiliki ukuran diameter lebih besar dari selaput aspal. Nilai density merupakan perbandingan antara massa per volume, maka dengan terbentuknya rongga baru berarti volume akan bertambah, pada massa yang tetap menyebabkan nilai *density* campuran berkurang. Pada kadar aspal yang sama, nilai *density* pada variasi I lebih kecil dibanding variasi II dan seterusnya. Hal ini disebabkan karena semakin besar angka variasi (variasi I sampai variasi VII), kadar agregat yang berukuran besar (batas atas gradasi) lebih sedikit, atau agregat yang berukuran kecil semakin banyak, sehingga campuran lebih padat, karena diisi butir agregat halus. Pada gambar 6.2 dapat dilihat nilai density variasi I, variasi II dan variasi III pada Kadar Aspal Optimum.



Gambar 6.2 Grafik nilai *density* pada variasi I, variasi II dan variasi III pada Kadar Aspal Optimum.

Dari gambar 6.2 dapat dilihat bahwa nilai *density* campuran pada KAO pada variasi I lebih kecil dibandingkan pada variasi II dan variasi III. Hal ini



disebabkan karena semakin besar angka variasi, kadar agregat yang berukuran besar lebih sedikit dan jumlah agregat yang berukuran kecil semakin banyak, sehingga campuran akan menjadi lebih padat yang diakibatkan oleh terisinya rongga oleh butir-butir agregat halus, yang ditandai dengan density yang semakin besar.

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

6.3.2. Pengaruh Kadar Aspal terhadap nilai VITM

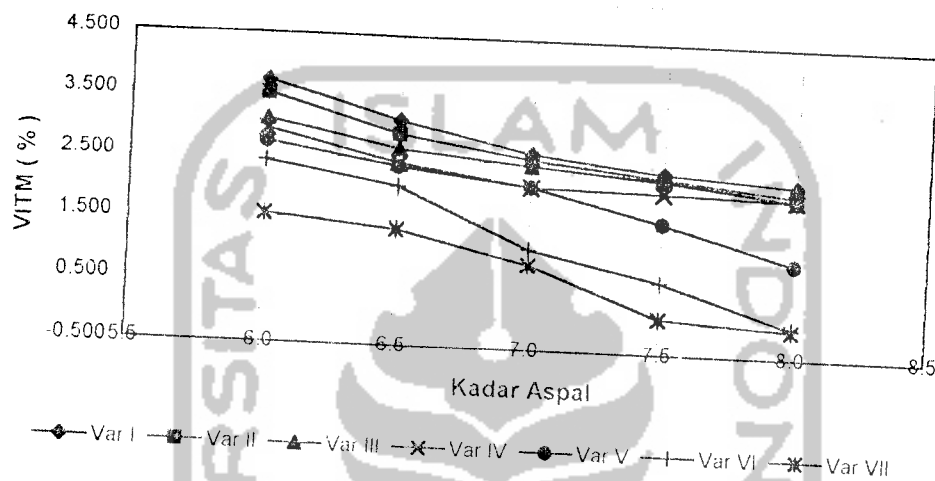
Nilai VITM (*Void In The Mix*) menunjukkan prosentase rongga yang terdapat dalam campuran total. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai VITM adalah gradasi, kadar aspal dan *density*. Nilai VITM berpengaruh terhadap kekakuan campuran dan kedekatan campuran terhadap air dan udara.

Nilai VITM yang terlalu tinggi akan mengakibatkan berkurangnya keawetan dari lapis keras, karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara ke dalam 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 (*ravelling*). Sedangkan air akan melarutkan bagian aspal yang tidak teroksidasi, sehingga pengurangan jumlah aspal terjadi lebih cepat.

Nilai VITM yang terlalu rendah akan menyebabkan mudah terjadinya *bleeding* pada lapis keras. Selain *bleeding*, dengan nilai VITM yang rendah,

kekakuan lapis keras akan menjadi semakin tinggi yang mengakibatkan lapis keras mudah mengalami retak (*cracking*) apabila menerima beban lalu lintas, karena tidak cukup lentur untuk menahan deformasi yang terjadi.

Hubungan kadar aspal dengan nilai VITM ada variasi agregat dapat dilihat pada gambar 6.3 berikut ini.



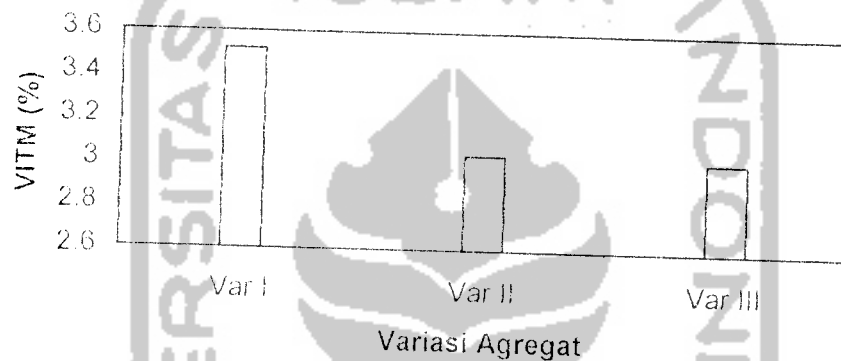
Gambar 6.3 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal Optimum dengan VITM pada berbagai variasi agregat.

Dari gambar 6.3 tersebut, dapat dilihat bahwa penambahan kadar aspal pada berbagai variasi agregat mengakibatkan nilai VITM cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena semakin meningkatnya pemakaian kadar aspal, akan menyebabkan semakin banyak pori atau rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal sehingga jumlah rongga dalam campuran akan menurun (nilai VITM turun).

Dari gambar 6.3, dapat dilihat bahwa nilai VITM semakin kecil dari variasi I sampai variasi VII. Hal ini disebabkan karena kadar agregat halus semakin bertambah banyak seiring meningkatnya angka variasi agregat (variasi I sampai

variasi VII). Dengan meningkatnya kadar agregat halus, maka rongga antar agregat yang ada akan terisi oleh butir-butir agregat yang berukuran lebih kecil, sehingga campuran menjadi semakin rapat dari variasi I sampai variasi VII, ditandai dengan nilai VITM yang semakin kecil.

Berdasarkan pengujian Kadar Aspal Optimum hanya diperoleh pada variasi I, variasi II dan variasi III, nilai VITM variasi I, variasi II dan variasi III pada KAO dapat dilihat pada gambar 6.4 dibawah ini.



Gambar 6.4 Grafik nilai VITM pada variasi I, variasi II dan variasi III pada Kadar Aspal Optimum.

Dari gambar 6.4 tersebut, dapat dilihat bahwa semakin besar angka variasi mengakibatkan nilai VITM cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena kadar agregat halus yang semakin banyak seiring meningkatnya angka variasi agregat, sehingga rongga-rongga diantara agregat akan terisi oleh agregat yang ukurannya lebih kecil dari tebal selimut aspal, sehingga campuran menjadi semakin rapat, ditandai dengan nilai VITM yang semakin kecil.

Spesifikasi yang disyaratkan oleh Puslitbang Jalan (1998), nilai VITM pada campuran HRS yaitu dari 3% sampai dengan 6%. Nilai VITM yang kurang dari

3% akan menyebabkan campuran mudah terjadi *bleeding*. 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*.

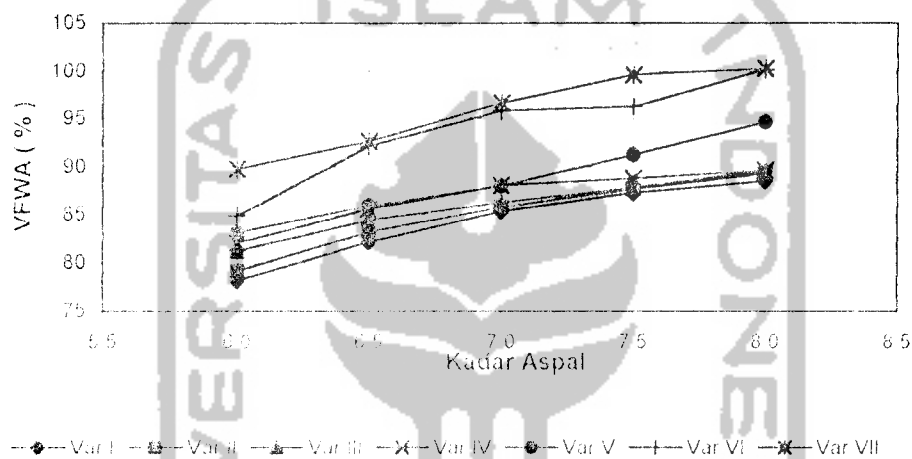
6.3.3. Pengaruh Kadar Aspal terhadap nilai VFWA

Nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*) menunjukkan besarnya rongga dalam campuran yang terisi aspal. Nilai VFWA dinyatakan dalam prosentase. 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, menunjukkan semakin banyak rongga udara yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Tetapi nilai VFWA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan lapis keras mudah mengalami *bleeding* atau naiknya aspal ke permukaan. Hal ini terjadi pada suhu perkerasan yang tinggi, dimana aspal akan mencair (viskositasnya turun) 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 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.

Hubungan kadar aspal dengan nilai VFWA pada variasi agregat dapat dilihat pada gambar 6.5 berikut ini.

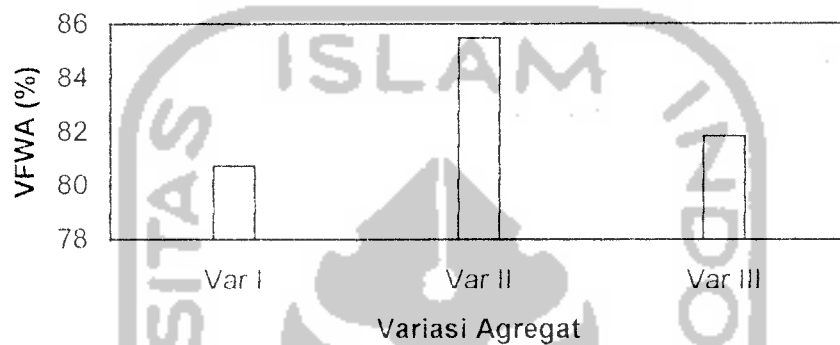


Gambar 6.5 Grafik Hubungan antar Kadar Aspal dengan VFWA pada variasi agregat

Dari gambar 6.5 tersebut menunjukkan bahwa penambahan kadar aspal (AC) pada berbagai variasi agregat yang digunakan, menyebabkan nilai VFWA cenderung mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan karena semakin besar kadar aspal maka kandungan rongga yang terisi aspal semakin besar. Dari gambar 6.5, dapat dilihat bahwa semakin besar angka variasi (variasi I sampai variasi VII) VFWA cenderung mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan karena bertambahnya prosentase agregat halus seiring meningkatnya angka variasi agregat (variasi I sampai variasi VII), mengakibatkan turunnya nilai VITM. VITM adalah rongga

yang terdapat dalam total campuran, sehingga seiring dengan penambahan kadar aspal, nilai VFWA akan semakin besar, yang menunjukkan semakin banyak rongga udara yang terisi aspal.

Nilai VFWA variasi I, variasi II dan variasi III pada Kadar Aspal Optimum dapat dilihat pada gambar 6.6 dibawah ini.



Gambar 6.6 Grafik nilai VFWA pada variasi I, variasi II dan variasi III pada Kadar Aspal Optimum

Dari gambar 6.6 dapat dilihat bahwa VFWA mengalami kenaikan pada variasi II kemudian mengalami penurunan. Kenaikan disebabkan karena dengan bertambahnya prosentase agregat halus seiring meningkatnya variasi agregat, berakibat VITM cenderung lebih kecil, sehingga nilai VFWA akan semakin besar. Penurunan yang terjadi disebabkan karena pada variasi III penurunan nilai VITM cenderung sangat kecil dibanding variasi II, sehingga tidak cukup untuk meningkatkan nilai VFWA karena Kadar Aspal Optimum relatif rendah. Spesifikasi teknis dari Bina Marga tidak mensyaratkan secara khusus nilai VFWA untuk campuran HRS, sedangkan Puslitbang Jalan (1998) mensyaratkan nilai VFWA lebih dari 68%.

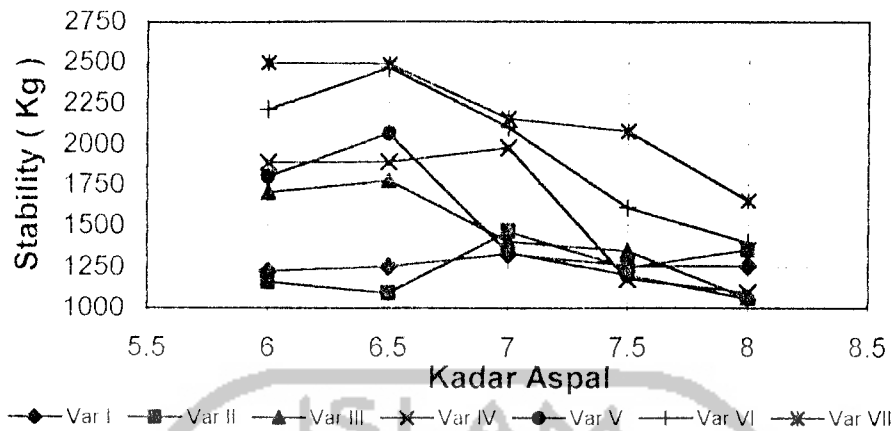
6.3.4. Pengaruh Kadar Aspal terhadap nilai stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi yang terjadi akibat adanya beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. 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*, maka nilai stabilitas akan semakin tinggi.

Pushitbang Jalan (1998) mensyaratkan nilai stabilitas > 800 kg. Lapis keras dengan nilai stabilitas kurang dari 800 kg, akan mudah terjadi distorsi karena perkerasan bersifat lembek, sehingga tidak mampu menahan beban yang berat. Sedangkan lapis keras yang mempunyai nilai stabilitas sangat tinggi, akan mudah terjadi retak-retak karena lapis keras bersifat kaku, sehingga pada saat menerima beban akan terjadi deformasi. Deformasi yang terjadi dapat melebihi batas elastisitas perkerasan sehingga menjadi retak.

Hubungan kadar aspal dengan nilai stabilitas untuk berbagai variasi agregat dapat dilihat pada gambar 6.7 berikut ini.

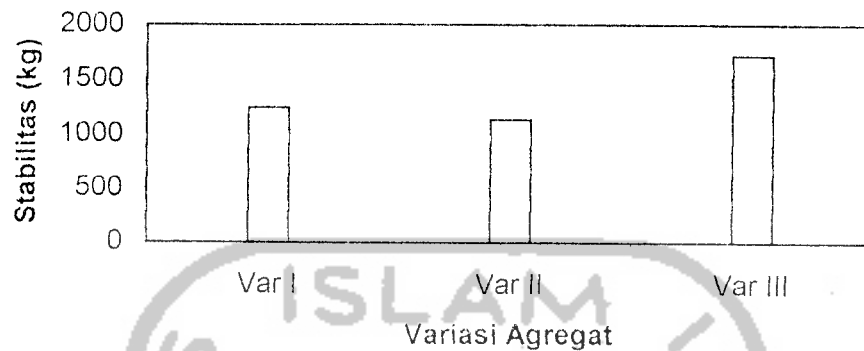


Gambar 6.7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas pada berbagai variasi agregat.

Pada gambar 6.4 menunjukkan bahwa dengan penambahan kadar aspal pada berbagai variasi agregat menyebabkan kecenderungan nilai stabilitas mengalami kenaikan sampai batas tertentu, kemudian mengalami penurunan. Kenaikan ini terjadi karena masih tersedianya rongga antar butiran agregat yang dapat diisi oleh aspal, sehingga masih tersedianya kohesi aspal yang menyebabkan naiknya nilai stabilitas. Sedangkan penurunan yang terjadi karena adanya aspal yang terlalu banyak (dengan penambahan kadar aspal), sehingga menyebabkan aspal berubah fungsi menjadi pelicin, sehingga gesekan (*friction*) dan penguncian antar butir agregat (*interlocking*) berkurang, yang menjadikan nilai dari stabilitas menurun.

Nilai stabilitas pada setiap kenaikan angka variasi agregat (variasi I sampai variasi VII) cenderung mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan karena semakin besar angka variasi, campuran semakin rapat, atau nilai VITM cenderung semakin kecil, sehingga penguncian antar butiran semakin baik, yang berakibat nilai stabilitas semakin meningkat.

Nilai stabilitas variasi I, variasi II dan variasi III pada Kadar Aspal Optimum dapat dilihat pada gambar 6.8 dibawah ini.



Gambar 6.8 Grafik nilai Stabilitas pada variasi I, variasi II dan variasi III pada Kadar Aspal Optimum.

Dari gambar 6.8, dapat dilihat nilai stabilitas cenderung mengalami kenaikan. Kenaikan ini disebabkan karena semakin besar angka variasi agregat, nilai VIM cenderung mengalami penurunan (rongga dalam campuran semakin kecil rapat), sehingga penguncian antar butiran semakin baik. Oleh karena itu nilai stabilitas pada berbagai angka variasi agregat semakin meningkat.

Dari spesifikasi Bina Marga, stabilitas yang disyaratkan untuk campuran HRS adalah 550 kg sampai dengan 1250 kg. Apabila stabilitas kurang dari 550 kg, maka akan mudah mengalami *rutting* karena perkerasan bersifat lembek, sehingga tidak akan mampu menahan beban. Sedangkan jika nilai stabilitasnya lebih dari 1250 kg, campuran akan mudah mengalami retak-retak karena lapis keras akan bersifat kaku. Hal ini karena jika lapis perkerasan mendapatkan beban, akan terjadi deformasi yang melebihi batas elastisitas sehingga terjadi retak-retak atau patah-patah. Untuk spesifikasi Puslitbang Jalan (1998), stabilitas yang

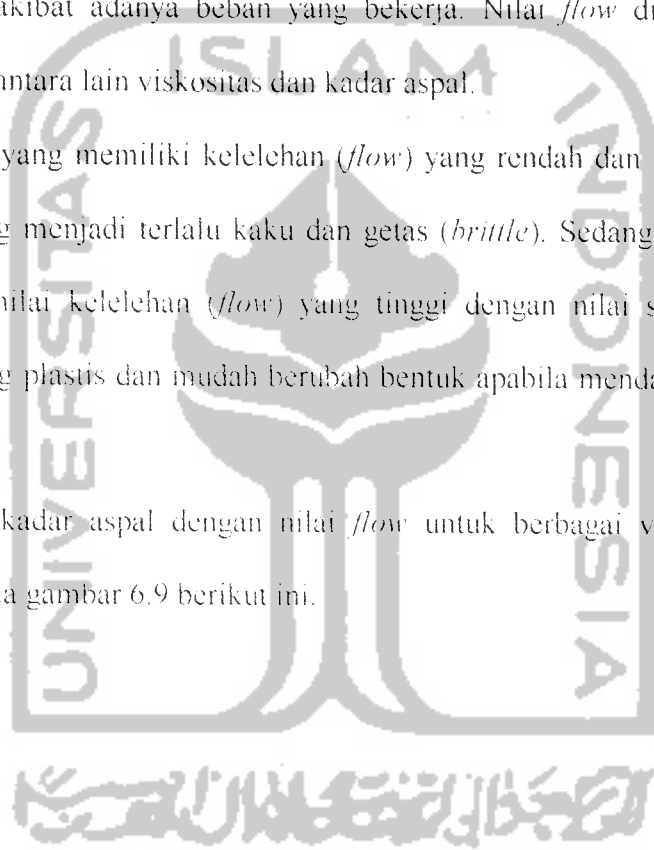
disyaratkan untuk campuran HRS adalah lebih besar dari 800 kg. Retak-retak atau patah-patah karena deformasi yang melebihi batas elastisitasnya dapat ditanggulangi, dihindari atau dicegah dengan cara memperkecil deformasi itu sendiri.

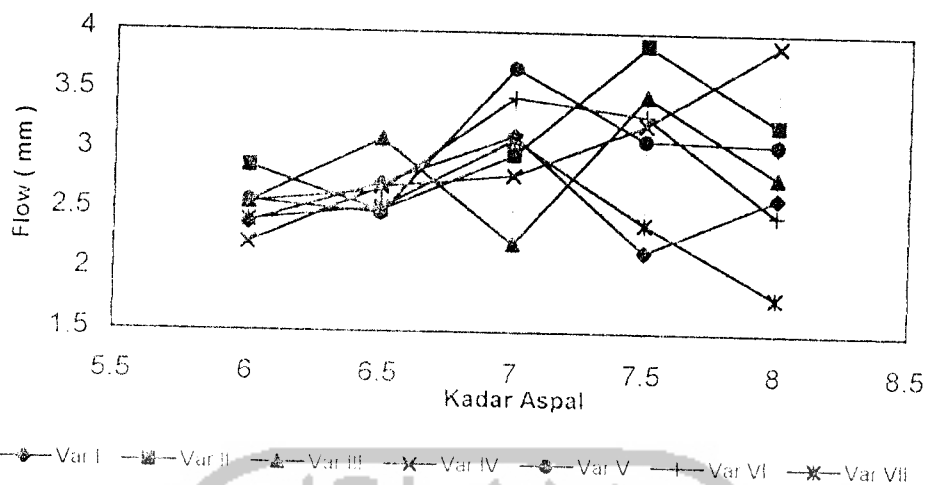
6.3.5. Pengaruh Kadar Aspal terhadap *flow*

Flow atau keelehan dari suatu campuran menunjukkan besarnya deformasi dari campuran akibat adanya beban yang bekerja. Nilai *flow* ditentukan oleh beberapa faktor antara lain viskositas dan kadar aspal.

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

Hubungan kadar aspal dengan nilai *flow* untuk berbagai variasi agregat dapat terlihat pada gambar 6.9 berikut ini.

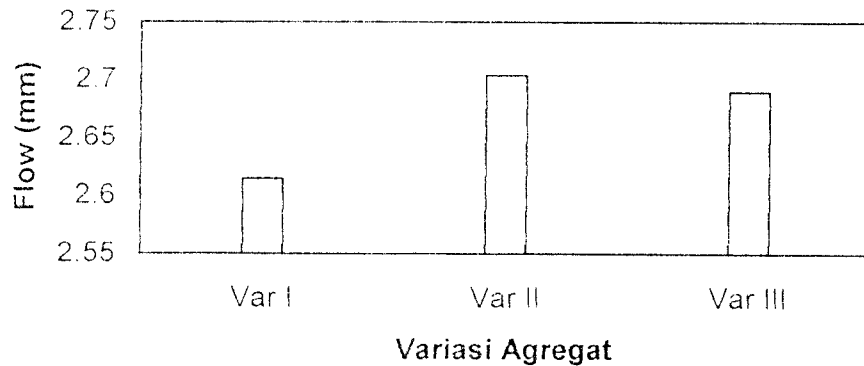




Gambar 6.9 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan *Flow* pada berbagai variasi agregat.

Gambar 6.9 menunjukkan bahwa pada campuran HRS dengan penambahan kadar aspal pada berbagai variasi agregat menyebabkan nilai *flow* cenderung meningkat. Hal ini terjadi karena berkurangnya kohesi dan berubahnya kondisi *slump* menguning akibat penambahan kadar aspal, sehingga ketika dibebani deformasi yang terjadi akan menjadi besar (nilai *flow* besar). Nilai *flow* pada peningkatan angka variasi agregat (variasi I sampai variasi VII) pada kadar aspal yang sama cenderung mengalami penurunan (semakin kaku). Hal ini disebabkan pada peningkatan angka variasi agregat nilai VFM cenderung mengalami penurunan (rongga dalam campuran semakin kecil), sehingga *flow* cenderung turun pada kadar aspal yang sama pada peningkatan angka variasi agregat (variasi I sampai variasi VII).

Nilai *flow* pada variasi I, variasi II dan variasi III pada Kadar Aspal Optimum dapat dilihat pada gambar 6.10 dibawah ini.



Gambar 6.10 Grafik nilai *flow* pada variasi I, variasi II dan variasi III pada Kadar Aspal Optimum.

Dari gambar 6.10 nilai *flow* cenderung mengalami kenaikan dengan bertambahnya angka variasi. Hal ini disebabkan karena pada campuran sudah tidak tersedia lagi rongga yang cukup untuk dapat diisi oleh penambahan kadar agregat halus seiring bertambahnya angka variasi (variasi I sampai variasi III), sehingga terbentuklah rongga baru akibat berubahnya kondisi saling mengunci antar partikel agregat yang memiliki diameter lebih besar dari tebal selaput aspal. Akibatnya campuran menjadi lebih tidak padat (*density* turun), sehingga ketika dibebani deformasi yang terjadi akan menjadi besar (nilai *flow* besar).

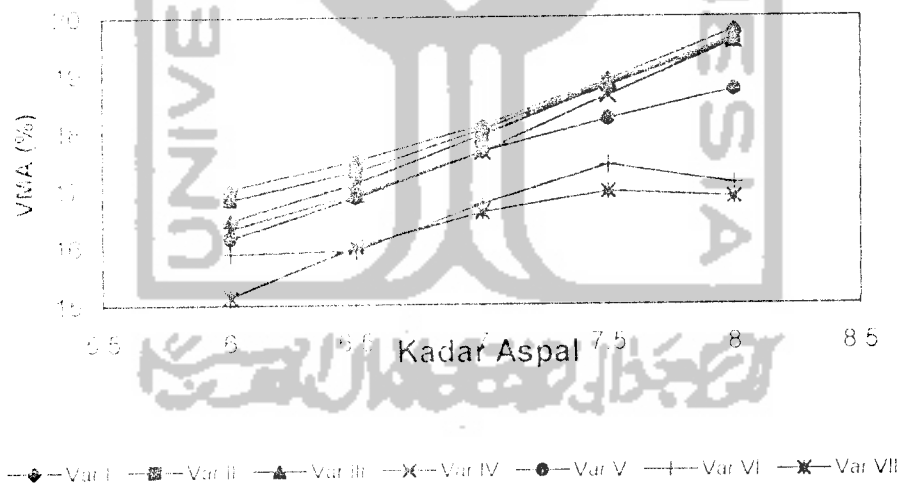
Spesifikasi teknis dari Bina Marga untuk campuran HRS tidak memberikan persyaratan khusus pada nilai *flow*, sedangkan pada spesifikasi dari Puslitbang Jalan (1998) mensyaratkan nilai *flow* 2 mm – 4 mm. Jika nilai *flow* kurang dari 2 mm menyebabkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan mudah mengalami retak.

6.3.6. Pengaruh Kadar Aspal terhadap VMA (Void in Mineral Agregat)

Void in mineral agregat (VMA) adalah rongga udara yang ada diantara agregat dalam campuran agregat dan aspal yang sudah dipadatkan, termasuk ruang yang sudah terisi aspal. VMA dinyatakan dalam prosentase terhadap total volume campuran agregat dan aspal. VMA dinyatakan sebagai ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran agregat.

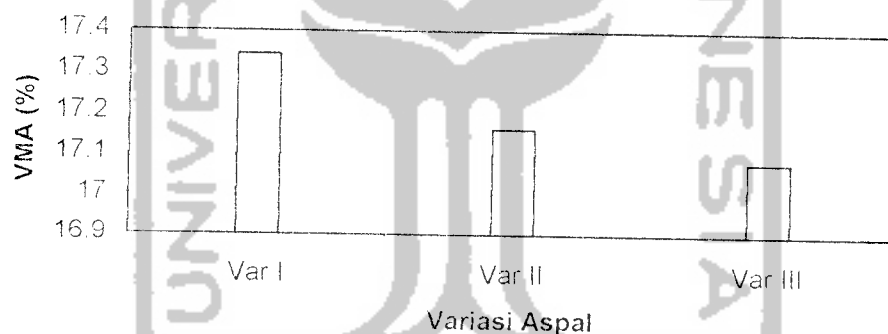
Faktor yang mempengaruhi nilai VMA adalah gradasi agregat, energi pemadat, kadar aspal, tekstur permukaan agregat, bentuk butir dan serapan air oleh agregat.

Hubungan antara variasi agregat dan kadar aspal dapat dilihat pada Gambar 6.11 dibawah ini.



Gambar 6.11 Grafik hubungan antara Kadar Aspal dengan VMA pada berbagai variasi agregat.

Gambar 6.11 menunjukkan bahwa nilai VMA mengalami kenaikan seiring penambahan kadar aspal. Kenaikan ini disebabkan karena rongga-rongga antar butir agregat masih cukup besar untuk dapat diisi oleh aspal, sehingga aspal dapat dengan mudah rongga antar butiran agregat. Sedangkan untuk tiap variasi (variasi I sampai variasi VII) pada kadar aspal yang sama cenderung mengalami penurunan, hal ini disebabkan kadar agregat halus semakin banyak seiring dengan peningkatan variasi agregat (variasi I sampai variasi VII), sehingga pada variasi agregat yang prosentase agregat halusnya lebih banyak, rongga antar agregat akan terisi oleh agregat yang ukurannya lebih kecil, sehingga VMA akan cenderung turun seiring dengan kenaikan variasi agregat (variasi I sampai variasi VII).



Gambar 6.12 Grafik nilai VMA dengan variasi I, variasi II dan variasi III pada Kadar Aspal Optimum.

Dari gambar 6.12 menunjukkan nilai VMA mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya variasi agregat. Hal ini terjadi karena semakin besar angka variasi agregat jumlah prosentase agregat halusnya lebih banyak sehingga rongga antar agregat akan terisi oleh agregat yang ukurannya lebih kecil, ini

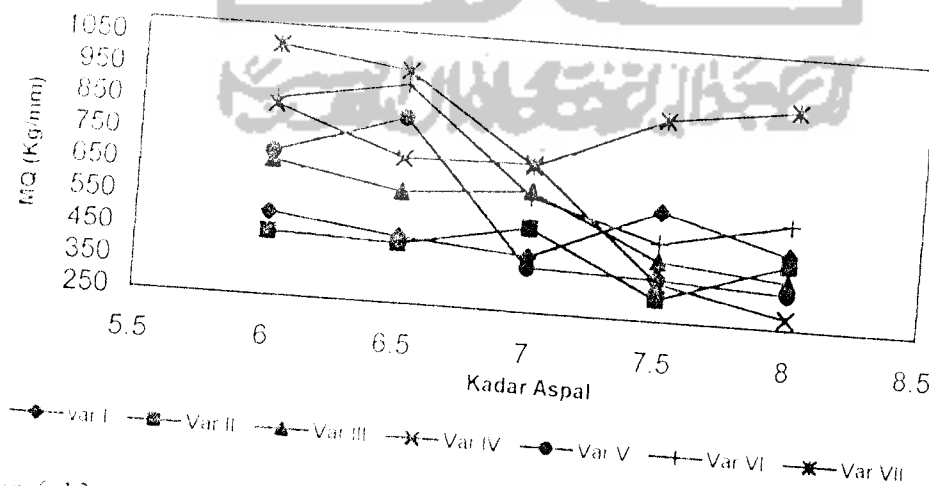
menyebabkan nilai VMA akan cenderung turun seiring dengan kenaikan angka variasi agregat.

6.3.7. Pengaruh Kadar Aspal terhadap Marshall Quotient (MQ)

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*).

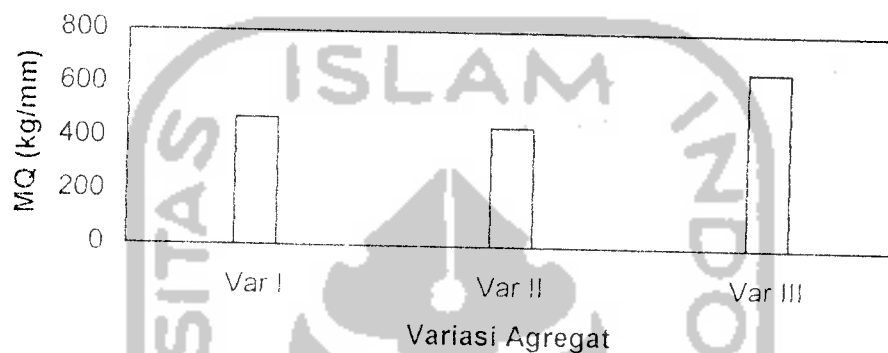
Stabilitas yang tinggi dengan *flow* yang rendah akan menghasilkan nilai QM yang tinggi, sehingga campuran akan menjadi kaku dan fleksibilitasnya rendah. Sebaliknya nilai stabilitas yang rendah dengan nilai *flow* yang tinggi akan menghasilkan campuran dengan nilai QM yang rendah, sehingga campuran menjadi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

Hubungan kadar aspal dengan nilai *Marshall Quotient* pada berbagai variasi agregat dapat dilihat pada gambar 6.13 berikut ini.



Gambar 6.13 Grafik hubungan antara Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient* pada berbagai variasi agregat.

Gambar 6.13 menunjukkan bahwa dengan penambahan kadar aspal pada berbagai variasi agregat menyebabkan nilai *Marshall Quotient* cenderung mengalami penurunan. Penurunan terjadi disebabkan karena dengan meningkatnya kadar aspal, maka nilai stabilitas akan menurun, sedangkan nilai *flow* akan meningkat sehingga nilai *Marshall Quotient* menjadi turun.



Gambar 6.14 Grafik nilai *Marshall Quotient* dengan variasi I, variasi II dan variasi III pada Kadar Aspal Optimum.

Dari gambar 6.14, MQ cenderung mengalami kenaikan yang terjadi disebabkan seiring dengan meningkatnya angka variasi agregat (variasi I ssaampai variasi III) jumlah kadar agregat halus juga meningkat, maka rongga antar agregat yang akan terisi oleh butir-butir agregat yang berukuran lebih kecil, sehingga campuran menjadi semakin rapat, ditandai dengan nilai VITM yang semakin kecil dan nilai stabilitas akan mengalami kenaikan, sehingga nilai *Marshall Quotient* menjadi naik.

Spesifikasi teknis dari Puslitbang Jalan memberikan persyaratan khusus untuk campuran HRS yaitu lebih dari 200 kg/mm - 500 kg/mm, nilai *Marshall Quotient* di bawah 200 kg/mm akan mengakibatkan perkerasan mudah

mengalami *rutting* dan *bleeding*, sedangkan nilai *Marshall Quotient* di atas 500 kg mm akan mengakibatkan perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak.

