

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Hasil pengujian agregat ditunjukkan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil pengujian agregat kasar dan halus

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi Pengujian		Standar
				Minimal	Maksimal	
I. Agregat Kasar						
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,329	-	-	SNI 03-1969-1990
2	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2,501	2,5	-	SNI 03-1969-1990
3	Berat jenis efektif	-	2,398	-	-	SNI 03-1969-1990
4	Penyerapan	%	2,95	-	3	SNI 03-1969-1990
5	Pengujian Abrasi	%	29	-	40	SNI 03-2417-1991
II. Agregat Halus						
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,432	-	-	SNI 03-1979-1990
2	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2,507	2,5	-	SNI 03-1979-1990
3	Berat jenis efektif	-	2,462	-	-	SNI 03-1979-1990
4	Penyerapan	%	1,330	-	3	SNI 03-1979-1990

Pada Tabel 5.1 di atas dapat dilihat bahwa agregat yang digunakan pada penelitian ini, memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI 03-1969-1990 dan SNI 03-2417-1991, sehingga agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan dasar campuran aspal dari penelitian ini.

B. Hasil Pengujian Aspal

Aspal merupakan hasil produksi dari bahan-bahan alam sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa di laboratorium. Bahan aspal yang memenuhi syarat dapat dipergunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran perkerasan. Hasil pengujian aspal diberikan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil pengujian aspal keras AC 60/70

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil rata-rata	Spesifikasi Pengujian		Standar
				Min	Maks	
1	Penetrasi (25°, 5 dt, 100 gr)	0,1 mm	65,5	60	79	SNI 06-2456-1991
2	Titik Lembek	°C	48,25	48	58	SNI 06-2434-1991
3	Titik Nyala	°C	250	200	-	SNI 06-2433-1991
4	Daktilitas	cm	116	100	-	SNI 06-2432-1991
5	Berat Jenis	gr/cm ³	1,011	1	-	SNI 06-2441-1991
6	Kehilangan Berat	% berat	0,667	-	0,8	SNI 06-2440-1991

Berdasarkan hasil pada Tabel 5.2, menunjukkan bahwa pengujian penetrasi rata-rata adalah 65,5 mm. Hasil ini masih berada dalam batas untuk aspal penetrasi 60/70 yaitu antara 60-79. Pemeriksaan lainnya adalah pemeriksaan daktilitas yang bertujuan untuk mengukur fleksibilitas aspal yang digunakan. Menurut persyaratan dari SNI 06-2432-1991, nilai minimal untuk daktilitas adalah 100 cm dan hasil pemeriksaan daktilitas didapat sebesar 116 cm, sehingga aspal yang digunakan memenuhi syarat.

Dari hasil pengujian terhadap sifat titik lembek dan nyala aspal diperoleh nilai rata-rata titik lembek sebesar 48,25°C dan titik nyala aspal pada suhu 250°C. Kedua pemeriksaan titik lembek dan nyala tersebut masih dalam persyaratan menurut SNI 06-2434-1991 (untuk titik lembek) dan SNI 06-2433-1991 (untuk titik nyala).

Pemeriksaan kehilangan berat aspal berguna untuk mengetahui pengurangan berat akibat penguapan unsur-unsur aspal yang mudah menguap dalam aspal. Penurunan berat aspal optimum yang diperkenankan adalah 0,8 % dari berat semula dan hasil pemeriksaan menunjukkan penurunan aspal sebesar 0,667%, dengan demikian benda uji memenuhi persyaratan SNI 06-2440-1991.

Dari hasil pemeriksaan berat jenis aspal diperoleh nilai sebesar 1,011 gr/cc sehingga aspal dalam penelitian ini memenuhi syarat SNI 06-2441-1991 yaitu minimal 1 gr/cc.

C. Hasil Pengujian Polipropilena

Pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik limbah plastik polipropilena ditunjukkan dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil pengujian polipropilena

No.	Jenis Pengujian	Hasil		Satuan
		I	II	
1.	Kepadatan (<i>Density</i>)	0,817	0,797	gr/mL
2.	Kehilangan Berat (LoH)	1.601		%wt

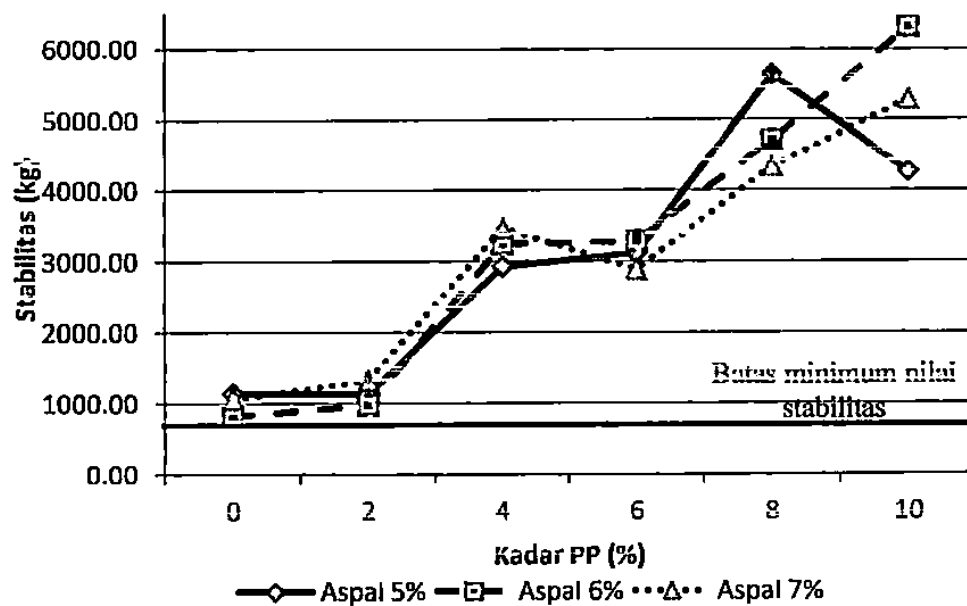
D. Hasil dan Pembahasan Pengujian *Marshall*

1. Stabilitas

Nilai stabilitas digunakan sebagai parameter untuk menggambar untuk mengukur ketahanan terhadap kelelahan plastis dari suatu campuran aspal atau kemampuan campuran untuk menahan deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas. Nilai stabilitas untuk masing-masing campuran dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Gambar 5.1.

Tabel.5.4 Nilai stabilitas untuk masing-masing campuran

Kadar Aspal (%)	Nilai Stabilitas (kg)						
	0% PP	2% PP	4% PP	6% PP	8% PP	10% PP	
5	A	1203,7	1271,6	3135,8	3344,4	5680,6	4234,2
	B	1089,7	1007,5	2730,6	2889,9	5599,8	4304,0
6	A	716,4	1044,7	3250,1	3538,4	4690,8	5488,6
	B	932,8	910,4	3250,2	3036,5	4740,6	7143,3
7	A	1094,7	1144,2	3322,8	2658,5	4326,1	5335,3
	B	1038,0	1515,2	3621,9	3128,6	4363,7	5241,0



Gambar 5.1. Hubungan antara kadar PP dengan stabilitas

Dari grafik di atas terlihat bahwa semakin banyak PP yang digunakan dalam campuran perkerasan dapat meningkatkan nilai stabilitas. Sebagai contoh pada campuran dengan kadar aspal 6%, angka stabilitas meningkat

tanpa menggunakan PP. Angka stabilitas ini meningkat pada penggunaan PP di campuran berikutnya.

Nilai stabilitas tertinggi dicapai pada campuran menggunakan PP sebanyak 6% dan aspal 6%, yakni sebesar 6315,95 kg. Sedangkan nilai stabilitas terendah dicapai pada campuran tanpa menggunakan PP dan aspal 6%, yakni sebesar 824,60 kg.

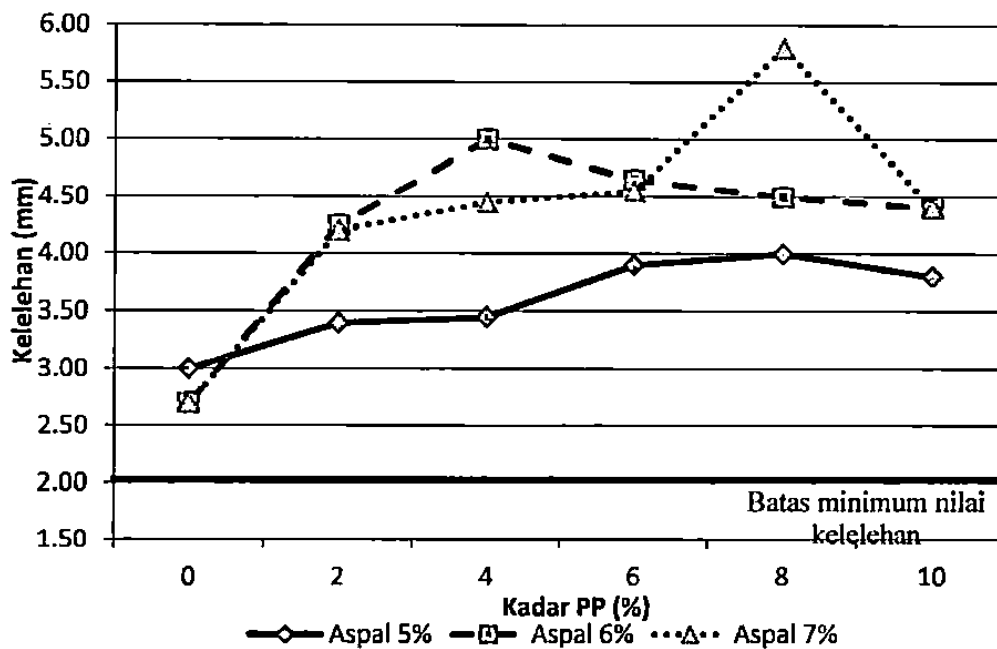
Berdasarkan Bina Marga, persyaratan untuk nilai stabilitas yaitu minimal 800 kg, sehingga dari campuran-campuran tersebut memenuhi syarat minimal untuk stabilitas.

2. Kelelehan

Kelelehan menunjukkan besarnya deformasi dari campuran akibat beban yang bekerja pada perkerasan. Nilai kelelehan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain gradasi, kadar aspal, bentuk dan permukaan agregat. Hasil kelelehan ditunjukkan dalam Tabel 5.5 dan Gambar 5.2.

Tabel 5.5. Nilai kelelehan untuk masing-masing campuran

Kadar Aspal (%)		Kelelehan (mm)					
		0% PP	2% PP	4% PP	6% PP	8% PP	10% PP
5	A	3,0	3,4	3,5	4,3	4,0	3,4
	B	3,0	3,4	3,4	3,5	4,0	4,2
6	A	2,7	3,5	5,0	4,5	4,5	4,4
	B	2,7	5,0	5,0	4,8	4,5	4,4
7	A	2,7	4,2	4,4	4,5	5,8	4,4
	R	2,7	4,2	4,5	4,6	5,8	4,4



Gambar 5.2. Hubungan antara kadar PP dengan kelelehan (*flow*)

Penggunaan PP dalam campuran Laston cenderung meningkatkan nilai kelelehan sebagaimana terlihat di dalam grafik di atas. Sebagai contoh, pada campuran dengan kadar aspal 5%, angka kelelehan meningkat sebesar 25,93% pada penggunaan PP sebanyak 2% dibandingkan campuran tanpa PP. Pada penambahan PP untuk komposisi yang lebih besar akan terjadi peningkatan nilai kelelehan hingga pada fraksi PP 10% terjadi penurunan angka kelelehan.

Nilai kelelehan tertinggi terjadi pada campuran Laston menggunakan 8% PP dan aspal 6%, yakni sebesar 5,8 mm. Sedangkan nilai kelelehan terendah terjadi pada campuran Laston tanpa menggunakan PP dengan kadar aspal 6% dan 7% yakni sebesar 2,7 mm.

Tingginya nilai kelelehan mengindikasikan terjadinya problem durabilitas pada perkerasan, sedangkan nilai kelelehan yang rendah juga mengindikasikan campuran tersebut sangat kaku, yang bisa menyebabkan terjadinya retak (*cracking*).

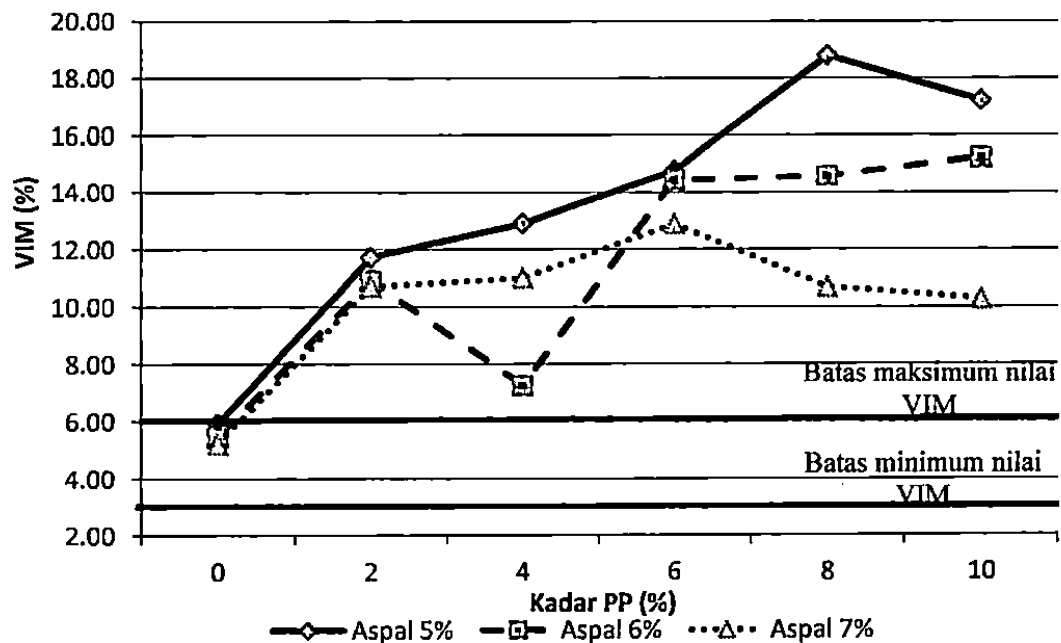
Sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan Bina Marga, maka nilai kelelehan tidak boleh lebih kecil dari 2 mm, sehingga hasil pengujian kelelehan pada campuran aspal tersebut memenuhi untuk syarat kelelehan

3. Voids in Mix (VIM)

Nilai VIM menunjukkan nilai persentase rongga dalam suatu campuran aspal. Nilai VIM berpengaruh terhadap nilai dari durabilitas, semakin besar nilai VIM menunjukkan campuran bersifat keropos (*porous*). Proses ini mengakibatkan udara dan air mudah masuk ke dalam lapis perkerasan sehingga berakibat meningkatkan proses oksidasi yang dapat mempercepat penuaan aspal. Spesifikasi dari VIM berkisar antara 3%-6%. Hasil nilai VIM ditunjukkan pada Tabel 5.6 dan Gambar 5.3.

Tabel 5.6 Nilai VIM untuk masing-masing campuran

Kadar Aspal (%)		Nilai VIM (%)					
		0% PP	2% PP	4% PP	6% PP	8% PP	10% PP
5	A	5,99	11,68	12,91	12,76	18,64	17,94
	B	5,88	11,81	12,91	16,79	18,96	16,51
6	A	5,51	9,43	7,55	13,82	15,04	14,03
	B	5,43	12,40	6,96	15,04	14,14	16,43
7	A	4,42	10,29	10,07	12,51	12,44	10,14
	B	6,05	11,15	11,97	13,29	8,95	10,46



Gambar 5.3. Hubungan antara kadar PP dengan nilai VIM

VIM atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran. Semakin kecil nilai VIM, maka campuran akan bersifat lebih kedap air, namun nilai VIM yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan

Dari grafik di atas terlihat bahwa penambahan PP pada campuran Laston dapat meningkatkan nilai VIM. Pada campuran dengan kadar aspal sebanyak 5%, nilai VIM meningkat sebesar 114,6% pada penggunaan PP sebanyak 2% dibandingkan campuran tanpa menggunakan PP. Nilai VIM terus meningkat hingga penambahan PP sebanyak 8% dan kemudian terjadi penurunan angka VIM pada penambahan PP sebanyak 10%.

Nilai VIM tertinggi terjadi pada campuran menggunakan 8% PP dan aspal 5%, yakni sebesar 18,80%, sedangkan nilai VIM terendah terjadi pada campuran tanpa menggunakan PP dan aspal sebanyak 7%, yakni sebesar 5,23%.

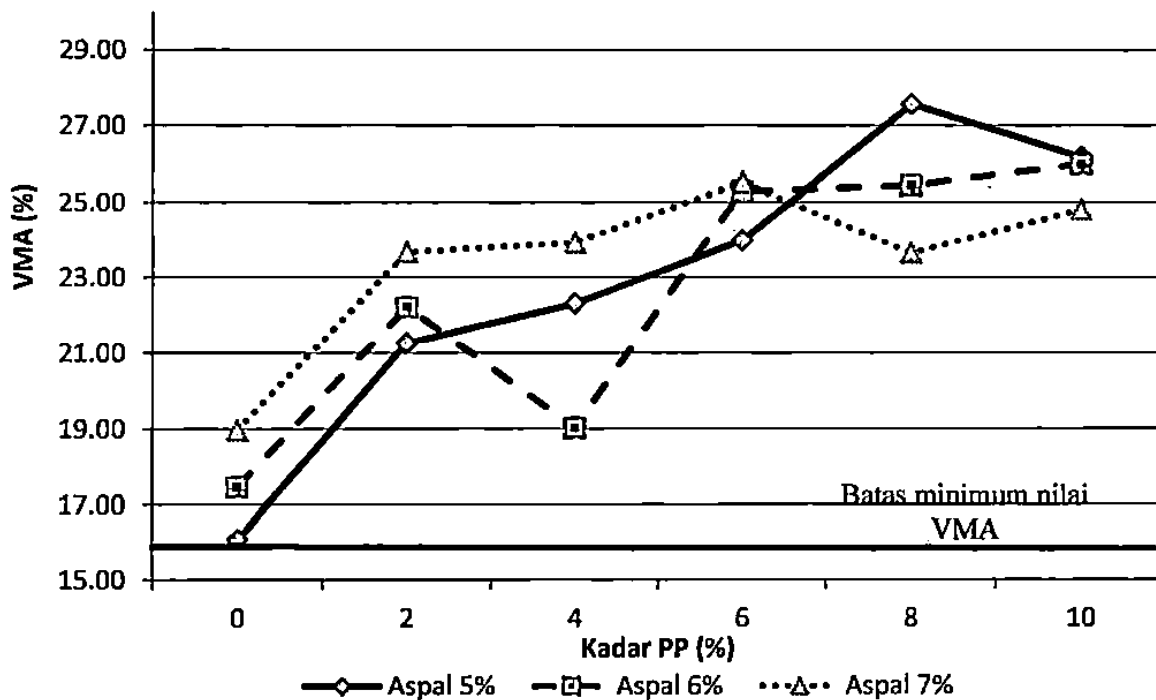
Dari perhitungan di atas, hanya campuran tanpa menggunakan PP yang masuk spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga untuk nilai VIM, yakni sebesar 3%-6%. Ini dikarenakan pada suhu pencampuran 160°C PP sebagian PP meleleh dan kemudian melekat pada aspal. Sehingga untuk parameter nilai VIM, PP tidak bisa menjadi pengganti agregat campuran Laston, karena nilai VIM campuran tidak memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan.

4. *Voids in the Mineral Aggregate (VMA)*

VMA atau yang lebih dikenal dengan rongga dalam agregat merupakan salah satu parameter penting dalam rancangan campuran aspal, karena pengaruhnya terhadap ketahanan dari campuran aspal. VMA menunjukkan banyaknya % aspal dari rongga yang terisi aspal. Nilai hasil pengujian VMA ditunjukkan pada Tabel 5.7 dan Gambar 5.4.

Tabel 5.7 Nilai VMA untuk masing-masing campuran

Kadar Aspal (%)	Nilai VMA (%)						
	0% PP	2% PP	4% PP	6% PP	8% PP	10% PP	
5	A	16,145	21,219	22,321	22,180	27,432	26,807
	B	16,045	21,334	22,321	25,781	27,715	25,527
6	A	17,507	20,924	19,287	24,762	25,828	24,942
	B	17,435	23,522	18,773	25,826	25,042	27,038
7	A	18,277	23,300	23,107	25,193	25,138	26,159
	B	18,260	24,035	24,736	25,863	27,153	23,438



Gambar 5.4. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VMA

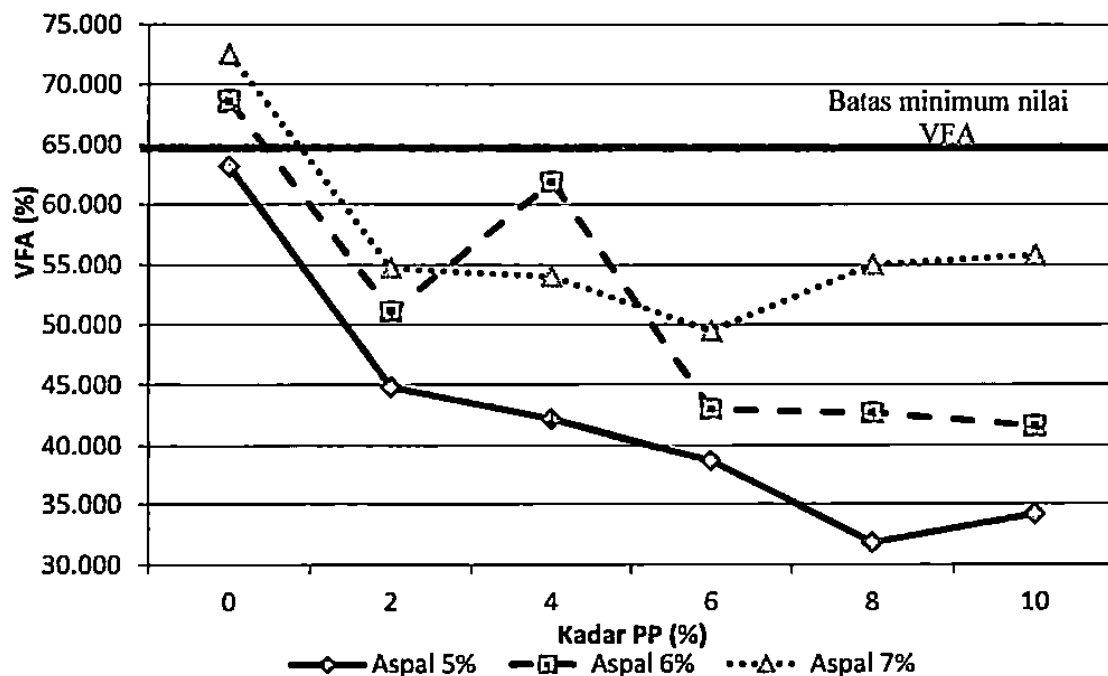
Dari grafik di atas terlihat bahwa penambahan PP meningkatkan nilai VMA. Nilai VMA tertinggi terjadi pada campuran menggunakan 8% PP dan aspal 5%, yakni sebesar 27,57%, sedangkan nilai VMA terendah terjadi pada campuran tanpa menggunakan PP dan aspal 5%, yakni sebesar 16,10%. Peran VMA penting di dalamnya untuk membuat ruang yang cukup bagi aspal untuk membuat campuran yang mempunyai durabilitas yang baik. Jika nilai VMA terlalu besar, akan dibutuhkan aspal dalam jumlah yang berlebihan untuk mengurangi rongga udara sehingga sesuai standar yang disyaratkan. Jumlah aspal yang berlebihan di dalam campuran juga dapat membuat stabilitas campuran terganggu (Lavin, 2003).

5. *Voids Filled with Asphalt (VFA)*

Rongga dalam campuran terjadi akibat adanya ruang sisa antar butiran penyusun campuran. Rongga ini dalam kondisi kering akan diisi oleh udara

Tabel 5.8 Nilai VFA untuk masing-masing campuran

Kadar Aspal (%)		Nilai VFA (%)					
		0% PP	2% PP	4% PP	6% PP	8% PP	10% PP
5	A	62,904	44,967	42,150	42,494	32,040	33,069
	B	63,376	44,659	42,149	34,867	31,590	35,335
6	A	68,508	54,947	60,845	44,176	41,753	43,751
	B	68,852	47,272	62,908	41,758	43,519	39,324
7	A	75,825	55,823	56,430	50,353	50,500	56,234
	B	69,259	53,597	51,613	48,610	59,590	55,394



Gambar 5.5. Hubungan antara kadar PP dengan VFA

Penggunaan PP sebagai pengganti agregat cenderung menurunkan nilai VFA seperti yang terlihat di grafik di atas. Sebagai contoh pada campuran dengan aspal 5%, nilai VFA mengalami penurunan sebesar 29,03% pada fraksi PP 2%. Nilai VFA mengalami penurunan di fraksi PP berikutnya hingga pada fraksi PP 10% terjadi peningkatan nilai VFA sebesar 6,97% dibandingkan fraksi PP 8%.

Nilai VFA tertinggi terjadi pada campuran menggunakan 0% PP dan aspal 7%, yakni sebesar 72,542%, sedangkan nilai VFA terendah terjadi pada campuran menggunakan 8% PP dan kadar aspal 5%, yakni sebesar 31,015%.

Dari grafik di atas terlihat bahwa yang memenuhi spesifikasi minimum

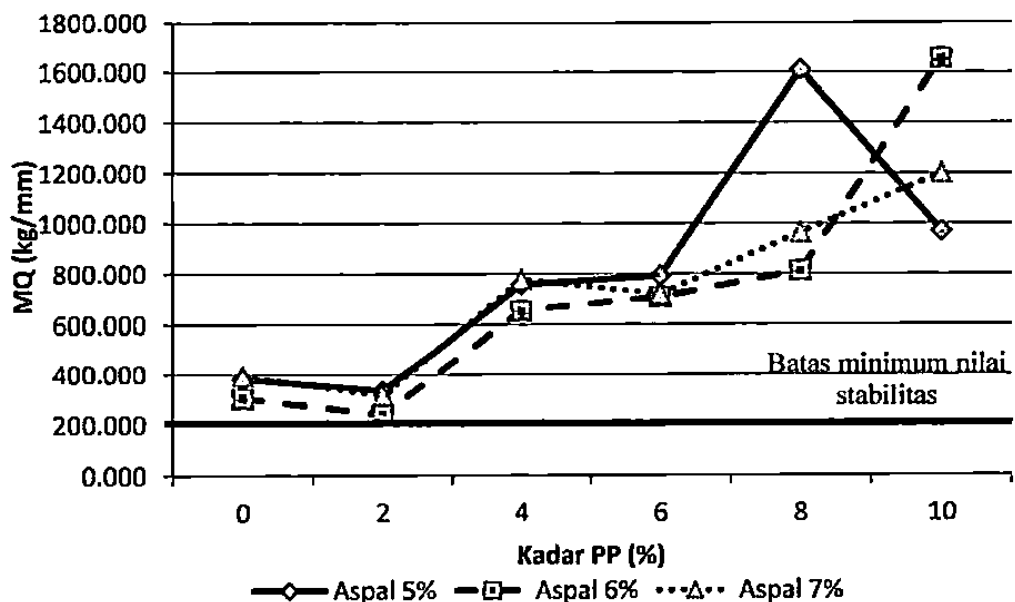
campuran tanpa menggunakan PP dengan kadar aspal 6% dan 7%. Ini dikarenakan PP yang digunakan sebagai pengganti agregat tidak memiliki sifat seperti agregat, yakni dapat menyerap air dan juga pada suhu pencampuran 160° C PP mulai meleleh, sehingga bercampur dengan aspal. Sehingga untuk parameter nilai VFA, PP tidak bisa menjadi pengganti agregat campuran Laston, karena nilai VFA campuran tidak memenuhi spesifikasi minimum yang dipersyaratkan.

6. Marshall Quotient (MQ)

MQ dihitung sebagai rasio dari stabilitas terhadap kelelahan yang digunakan sebagai indikator kekakuan campuran. Semakin tinggi nilai MQ suatu campuran, maka semakin kaku campuran tersebut. Hasil untuk pengujian MQ tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.6.

Tabel 5.9 Nilai *Marshall Quotient* untuk masing-masing campuran

Kadar Aspal (%)		<i>Marshall Quotient</i>					
		0% PP	2% PP	4% PP	6% PP	8% PP	10% PP
5	A	401.232	373.988	895.936	760.089	1623.040	962.314
	B	363.222	296.313	620.591	825.683	1599.920	978.176
6	A	265.332	298.473	661.365	786.321	808.743	1614.286
	B	345.495	182.072	650.027	632.601	817.347	1700.795
7	A	405.449	272.425	755.184	759.575	961.346	1212.560
	B	384.477	360.753	804.869	680.134	969.704	1191.137



Dari grafik di atas terlihat bahwa penambahan PP pada campuran Laston dapat meningkatkan nilai MQ. Sebagai contoh, pada campuran dengan aspal 6%, pada fraksi PP 2% terjadi penurunan sebesar 18,59% dibandingkan fraksi PP 0%. Namun pada fraksi PP berikutnya terjadi peningkatan nilai MQ.

Nilai MQ tertinggi terjadi pada campuran menggunakan 10% PP dan aspal 6%, yakni sebesar 1657,541 kg/mm. Sedangkan nilai MQ terendah terjadi pada campuran menggunakan 2% PP dan aspal 6%, yakni sebesar 240,273 kg/mm.

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa semua campuran Laston untuk berbagai variasi penggunaan PP memenuhi syarat yang ditetapkan untuk nilai MQ yaitu lebih dari 200 kg/mm. Nilai MQ cenderung semakin meningkat dengan bertambahnya penggunaan PP.

Dari hasil parameter MQ tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan PP sebanyak 0% sampai 10% membuat campuran Laston semakin kaku yang ditunjukkan dengan semakin meningkatnya nilai MQ.