

PENGGUNAAN KAPUR SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL (AC-BC) TERHADAP PARAMETER MARSHALL

Said Jalalul Akbar¹⁾, Lis Ayu Widari²⁾, Akbar³⁾

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Email: jaakidani@gmail.com¹⁾, lisayuwidari@gmail.com²⁾

DOI:

Abstrak

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi darat mempunyai peranan yang penting dalam perkembangan dan pertumbuhan ekonomi pada suatu daerah. Kekuatan dan ketahanan perkerasan jalan dalam memikul beban lalu lintas sangat dipengaruhi oleh material pembentuknya. Semakin baik material yang digunakan semakin baik pula mutu perkerasan yang dihasilkan. Tujuan penelitian ini ingin melihat apakah penggunaan kapur sebagai bahan pengganti sebahagian *filler* pada campuran aspal AC-BC dapat meningkatkan nilai parameter Marshall. Metode yang digunakan mengikuti persyaratan sesuai yang telah disyaratkan AASHTO dan ASTM (spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 2). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa penggunaan kapur sebagai pengganti sebahagian *filler* (variasi 25%-100%) ternyata tidak dapat meningkatkan nilai parameter marshall (tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 2). Nilai yang tidak memenuhi spesifikasi tersebut adalah nilai VMA dan VITM, sedangkan nilai VFWA, *Stability*, *Flow* dan MQ memenuhi, sehingga dengan adanya beberapa nilai parameter yang tidak memenuhi syarat, maka dapat dikatakan kapur sebagai bahan pengganti sebahagian *filler* atau seluruhnya tidak dapat digunakan pada campuran aspal AC-BC

Kata kunci: *filler, aspal concrete bearing coarse dan parameter marshall*

Abstract

Roads are one of the land transportation infrastructures that have an important role in the development and economic growth of an area. The strength and road pavement resistance in carrying the traffic load is strongly influenced by the building material. The better the material used the better the resulting pavement quality. The purpose of this study is to see whether the use of lime as a substitute for some fillers in AC-BC asphalt mixtures can increase Marshall parameter values. The method used follows the requirements as required by AASHTO and ASTM (Bina Marga 2010 Revision 2). Based on the results of the study, it was found that the use of lime as a substitute for a part of the filler (variation of 25% -100%) was not able to increase the value of Marshall parameters (not meeting the Bina Marga 2010 Revision 2 specification). The values that do not meet these specifications are VMA and VITM values, while VFWA, *Stability*, *Flow* and MQ values meet, so that with the presence of several parameter values that do not meet the requirements, it can be said that lime is a quenching material or part of the filler cannot be used in the mixture AC-BC asphalt

Keywords: *filler, asphalt concrete bearing coarse and Marshall parameters*

1. Latar Belakang

Hampir seluruh Jalan di Indonesia saat ini lapis perkerasannya menggunakan campuran aspal panas (*hot mix*), baik untuk pembangunan jalan baru, pemeliharaan ataupun peningkatan jalan. Campuran beraspal panas adalah kombinasi antara agregat yang dicampur merata dan dilapisi oleh aspal. Disebut *Asphalt Concrete- Binder Course* (AC-BC) merupakan campuran aspal panas yang dalam proses pencampurannya dilakukan pemanasan dengan temperatur tertentu untuk mengeringkan dan mencairkan aspal agar lebih mudah dicampur. Campuran aspal panas ini memiliki nilai stabilitas yang tinggi, pemeliharaan yang relatif mudah dan murah, serta mempunyai sifat fleksibel sehingga nyaman bagi pengendara. Campuran aspal dalam menahan kerusakan akibat air merupakan ujian bagi kita untuk dapat meningkatkan kualitas lapisan paling atas (*wearing course*) untuk tetap menjaga keawetan jalan agar tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas yang berguna untuk memikul beban lalu lintas yang diterima dari roda kendaraan. Pada penelitian ini, bahan pengisi (*filler*) yang digunakan adalah kapur. Kapur yang di gunakan diperoleh dari yang tersedia dipasaran. Perkerasan lapis (AC-BC) umumnya menggunakan aspal normal yang berupa campuran material agregat kasar dan agregat halus.

Telah banyak upaya-upaya yang telah dilakukan untuk meningkatkan stabilitas dan keawetan campuran AC-BC ini dengan cara penggunaan bahan pengganti (*filler*) pada bahan pengikat aspal, Kapur (*lime*) merupakan salah satu mineral industri yang banyak digunakan oleh sektor industri maupun konstruksi. Secara umum kapur bersifat hidrolis, tidak menunjukkan pelapukan dan dapat terbawa arus. Kapur bertindak sebagai *anti-stripping agent* yang dapat meningkatkan durabilitas atau keawetan kinerja campuran beton aspal dalam menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh

2. Metode Penelitian

2.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pengadaan material campuran aspal AC-BC yaitu mempersiapkan bahan material yang terdiri dari aspal, agregat halus, agregat kasar, *filler* dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Kemudian dilakukan pengujian sifat-sifat fisis bahan material yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan SK-SNI yang mengadopsi aturan-aturan atau standar yang ada seperti AASHTO dan ASTM. Selanjutnya menghitung nilai *Pb* untuk menentukan nilai kadar aspal tengahnya dengan cara menggunakan persamaan-persamaan sesuai yang telah ditetapkan. Selanjutnya pembuatan benda uji untuk memperoleh nilai kadar aspal optimum. Setelah didapatkan nilai kadar aspal optimum selanjutnya membuat masing-masing 3 buah benda uji untuk variasi lama rendaman $\frac{1}{2}$ jam untuk mengetahui nilai stabilitas aspal AC-BC dengan menggunakan metode Marshall (*Marshall Test*). Dari hasil penelitian dapat dilakukan analisa, pembahasan, kesimpulan dan saran.

Analisis data dalam penelitian ini dimulai dengan pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat yang digunakan untuk pembuatan benda uji yaitu meliputi berat jenis, absorpsi, berat volume, analisa saringan dan kadar air yang dikandung material. Sebelum dilakukan pencampuran masing-masing material dipanaskan terlebih dahulu dengan suhu yang telah ditentukan, kemudian barulah dilakukan

perencanaan campuran aspal (*mix design*) AC-BC, yaitu mencampurkan aspal dengan agregat halus dan agregat kasar, *filler* (kapur), setelah campuran tercampur dengan sempurna, kemudian dituangkan kedalam cetakan berbentuk silinder kemudian dilakukan proses pemadatan, setelah dilakukan pemadatan kemudian benda uji dibiarkan sampai mendingin lalu dilanjutkan dengan perendaman benda uji, variasi rendaman yaitu ½ jam selanjutnya pengujian Marshall.

2.2 Persiapan Bahan dan Peralatan

2.2.1 Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah aspal keras dengan penetarasi 60/70. Sukirman (1999), menyatakan aspal adalah suatu material yang berwarna hitam atau coklat tua yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak atau cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan atau penyiraman. pada perkerasan macadam ataupun pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis).

Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan berfungsi sebagai bahan pengikat, memberi ikatan yang kuat antara aspal dan agregat serta antara agregat dan aspal itu sendiri dan bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri. Dalam hal ini aspal harus mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat elastis yang baik.

Sukirman (2003), menyatakan *Asphal Concrete Binder Course* adalah lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus. Tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan oleh roda kendaraan. Sesuai dengan fungsi laston AC-BC juga disebut sebagai lapis pengikat juga berfungsi sebagai perekat dalam campuran aspal beton yang sangat penting dipertahankan kemampuannya terhadap kelekatan, titik lembek dan kelenturannya. Tebal nominal minimum dari AC-BC adalah 5 cm. Untuk lebih jelas diperlihatkan pada Tabel 1.

5

Tabel 1 Tebal nominal minimum campuran beraspal

	Jenis Campuran	Simbol	Tebal Nominal (cm)
Lataston	Lapis Aus	HRS-WC	3,0
	Lapis Pondasi	HRS-Base	3,5
Laston	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC-BC	6,0
	Lapis Pondasi	AC-Base	7,5

Sumber: Anonim 1 (2010)

Persyaratan gradasi agregat yang telah ditetapkan untuk campuran AC-BC diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Campuran aspal AC-BC

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Penyerapan aspal (%)	Maks		1,2	
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (VITM) %	Min		3,5	
	Maks		5,5	
Rongga dalam agregat (VMA) %	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFWA) %	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
	Maks	-		-
Kelelehan (mm)	Min	2		5
	Maks	-		-
Marshall Quetient (kg/mm)	Min	200		-
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C (%)	Min		75	

Sumber: Anonim 1 (2010)

Gradasi agregat untuk campuran aspal AC-BC menurut ASTM dan menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi II diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Gradasi agregat untuk campuran aspal AC - BC

Metrik (mm)	Saringan	Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi II	
		ASTM	Gradasi Halus
37,5	1,5"	-	-
25	1"	100	100
19	¾"	90 - 100	90 - 100
12,5	½"	74 - 90	71 - 90
9,5	3/8"	64 - 82	58 - 80
4,75	#4	47 - 64	37 - 56
2,36	#8	34,6 - 49	23 - 34,6
1,19	#16	28,3 - 38	15 - 22,3
0,60	#30	20,7 - 28	10 - 16,7
0,30	#50	13,7 - 20	7 - 13,7
0,149	#100	4 - 13	5 - 11
0,075	#200	4 - 8	4 - 8

Sumber: Anonim 1 (2010)

Kemudian agregat halus dan agregat kasar. Oglesby dan Hick (1982) menyatakan bahwa bahan yang paling umum untuk lapisan jalan dan strukturnya adalah batu pecah, batu kerikil yang dipecah, dan pasir. Menurut Sukirman

(1999), berdasarkan besar atau ukurannya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, yaitu agregat yang ukurannya > 4,75 mm menurut ASTM atau agregat yang ukurannya > 2 mm menurut ASSHTO, Agregat halus, yaitu agregat yang ukurannya < 4,75 mm menurut ASTM atau agregat yang ukurannya < 2 mm dan > 0,075 mm menurut ASSHTO dan abu batu atau filler, yaitu agregat halus yang umumnya lolos saringan # 200

Sukirman (2003), menyatakan agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan, oleh karena itu keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga oleh agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Agregat yang digunakan harus bebas dari kotoran, bahan organik, dengan kualitas sesuai Tabel 4.

Tabel 4 Persyaratan agregat

Jenis pemeriksaan	Satuan	Syarat Minimum	
		Fraksi agregat kasar	Fraksi agregat halus
Absorsi air	%	Maks 3	Maks 3
Berat jenis semu	-	Min 2,5	Min 2,5
Partikel lolos saringan No. 200	%	-	Maks 8

Sumber: Anonim 1 (2010)

Krebs dan Walker (1971), gradasi merupakan kunci utama dari sifat-sifat agregat. Berbagai macam metode dalam menyatakan distribusi ukuran agregat telah ditemukan. Salah satu dari metode tersebut adalah dengan menggunakan Rumus Fuller yaitu:

$$P = 100(d / D)^n \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- P = Persen lolos saringan
- d = Ukuran agregat yang sedang diperhitungkan
- D = Ukuran maksimum dari agregat
- n = Koefisien (0,45 – 0,5 untuk gradasi menerus)

Final Report Consultant (2003), material yang digunakan terdiri dari agregat kasar (*coarse aggregate*), agregat halus (*fine aggregate*), pasir (*sand*), portland cement (PC) dan aspal. Pengujian terhadap material akan diperoleh hasil yaitu pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat dan asphalt harus memenuhi syarat sesuai dengan ketentuan AASHTO dan hasil analisa saringan terhadap agregat harus memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.

2.2.2 Peralatan

Dalam penelitian ini alat-alat yang digunakan adalah peralatan pengujian berat jenis agregat kasar yaitu cawan, timbangan, oven (alat pemanas) dan ayakan. Peralatan pengujian fisik aspal yaitu alat penetrasi, alat uji titik lembek, alat uji titik nyala dan titik bakar, alat uji kehilangan berat, alat uji kelarutan alat uji daktilitas dan alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan). Peralatan pembuatan benda uji yaitu cetakan benda uji berbentuk silinder ukuran diameter 101,6 mm dan tinggi 75 mm. Marshall *Hammer* ukuran diameter 98,4 mm, berat 4,5 kg dengan tinggi jatuh 457 mm. Timbangan kapasitas 5 kg, ketelitian 1 gr dan kapasitas 2 kg, ketelitian 0,1 gr. *Ejector* untuk melepaskan benda uji. Peralatan pendukung untuk membuat benda uji berupa oven, thermometer, panci pencampur, sendok pengaduk, pemanas aspal, dan lain-lain. Peralatan untuk uji (*marshall test*) adalah marshall test, timbangan kapasitas 5 kg, ketelitian 1 gr dan kapasitas 2 kg, ketelitian 0,1 gr.

2.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan nilai stabilitas pada campuran aspal beton AC-BC adalah pertama-tama penyiapan semua bahan dan material serta peralatan. Tahap awal dari pekerjaan di laboratorium adalah pengujian berat jenis dari agregat kasar dan agregat halus. Selanjutnya pencampuran agregat yang diperoleh dari mencampurkan agregat kasar dan agregat halus. Kemudian menentukan kadar aspal dan bahan campuran sebagai pengisi *filler*. Setelah itu pembuatan campuran benda uji.

2.4 Benda Uji

Pembuatan benda uji menggunakan cetakan berukuran diameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm. Jumlah sampel benda uji yang akan dibuat dalam penelitian ini dapat diuraikan pada Table 5.

Tabel 5 Jumlah benda uji perbandingan agregat halus pada aspal AC-BC

Perencanaan Kadar Aspal Tengah (PB)						Jumlah
Kadar Aspal	4.6%	5.1%	5.6%	6.1%	6.6%	15
Jumlah Benda Uji	3	3	3	3	3	
Kadar Aspal Optimum (KAO) 5.6%						Jumlah
Campuran	0%	25%	50%	75%	100%	15
Jumlah Benda Uji	3	3	3	3	3	
Jumlah Benda Uji Yang diuji Marshall Test						30

2.5 Pengujian Marshall

Lamanya waktu yang diperlukan dari diangkatnya benda uji dari penangas air sampai tercapainya beban maksimum saat pengujian tidak boleh melebihi 30 detik.

- 1) Rendamlah benda uji dalam penangas air selama 30 – 40 menit dengan temperature tetap $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji.
- 2) Untuk mengetahui indeks perendaman, benda uji direndam dalam penangas air selama 24 jam dengan dengan temperatur tetap $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

- 3) Keluarkan benda uji dari penangas air dan letakkan dalam bagian bawah alat penekan uji Marshall.
- 4) Pasang bagian atas alat penekan uji Marshall di atas benda uji dan letakkan seluruhnya dalam mesin uji Marshall
- 5) Pasang arloji pengukur pelelehan pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh pada bagian atas kepala penekan.
- 6) Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji.
- 7) Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
- 8) Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm (2 in) per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai. Untuk benda uji dengan tebal tidak sama dengan 63,5 mm, beban harus dikoreksi dengan faktor pengali.
- 9) Catat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Pengujian terhadap sifat fisis agregat meliputi berat jenis bulk, berat jenis semu dan penyerapan. Spesifikasi agregat yang dilakukan pengujian adalah agregat kasar dan agregat halus. Hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6 Hasil pengujian berat jenis agregat kasar

No	Berat	Notasi	Sampel		
			I	II	III
	Berat Kering Permukaan				
1	Jenuh/SSD	BJ	1500	1500	1500
2	Berat Kering Oven	BK	1474	1480	1472
3	Berat Benda Uji Dalam Air	BA	918	920	916
4	Volume	BJ-BA	582	580	584
5	Berat Air yang terserap	BJ-BK	26	20	28
6	Berat Jenis Kering (BULK)	BK/(BJ-BA)	2,533	2,552	2,521
Rata-rata Berat Jenis Kering (BULK)			2,535		
7	Berat Jenis Kering Jenuh (SSD)	BJ/(BJ-BA)	2,577	2,586	2,568
Rata-rata Berat Jenis Kering Jenuh (SSD)			2,577		
8	Berat Jenis Apparent (SEMU)	BK/(BK-BA)	2,651	2,643	2,647
Rata-rata Berat Jenis Apparent (SEMU)			2,647		
9	Penyerapan Air (Absorpsi)	(BJ-BK)/BK X100%	1,764%	1,351%	1,902%
Rata-rata Penyerapan Air (ABSORPSI)			1,672%		

Tabel 7 Hasil pengujian berat jenis agregat halus

No	Berat	Notasi	Sampel		
			I	II	III
1	Berat Kering Permukaan Jenuh/SSD	BJ	500	500	500
2	Gelas Ukur + air + plat kaca	B	2319,5	2319,5	2319,5
3	Gelas Ukur + SSD + air + Plat kaca	Bt	2627	2625	2625
4	Berat kering Oven	Bk	485,5	487,5	489,5
6	Berat Jenis Kering (BULK)	BK/(B +500 - Bt)	2,522	2,506	2,517
Rata-rata Berat Jenis Kering (BULK)				2,515	
7	Berat Jenis Kering Jenuh (SSD)	BJ/(B + 500 - Bt)	2,597	2,571	2,571
Rata-rata Berat Jenis Kering Jenuh (SSD)				2,580	
8	Berat Jenis Apparent (SEMUK)	BK/(B + BK - Bt)	2,728	2,679	2,660
Rata-rata Berat Jenis Apparent (SEMUK)				2,689	
9	Penyerapan Air (Absorpsi)	(500 - BK)/BK x100%	2,987%	2,564%	2,145%
Rata-rata Penyerapan Air (ABSORPSI)				2,565%	

Hasil dari pengujian parameter marshall dilakukan analisis untuk mengetahui nilai-nilai *density*, kadar rongga dalam agregat (VMA), rongga terhadap campuran (VITM), rongga yang terisi aspal (VFWA), Stabilitas, *Flow* dan *Marshall Quotient*. Hasil dari parameter Marshall dan volumetrik dari 15 buah benda uji diperlihatkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil pengujian Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum

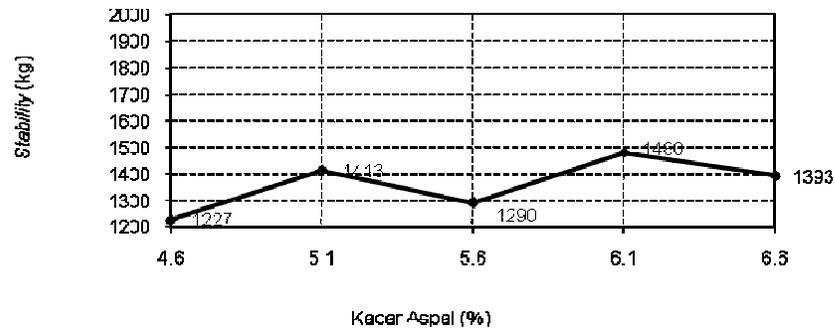
No.	Karakteristik Marshall	Satuan	Kadar aspal (%)				
			4,6	5,1	5,6	6,1	6,6
1	<i>Density</i>	gr/cm ³	2,258	2,190	2,266	2,306	2,281
2	VMA	%	13,93	16,93	14,44	13,33	14,68
3	VITM	%	6,70	8,95	5,19	2,92	3,39
4	VFWA	%	52,17	47,44	64,71	78,21	77,12
5	Stability	kg	1365	1413	1290	1480	1393
6	<i>Flow</i>	mm	4,63	5,20	5,50	6,40	5,20
7	MQ	kg/mm	298	274	240	235	270

Dari data hasil pengujian marshall, kemudian dapat ditentukan kadar aspal optimum. Dalam penelitian ini kadar aspal optimum yang memenuhi persyaratan berdasarkan hasil pengujian *marshall test* adalah 5,6 %, yang berarti memenuhi semua kriteria spesifikasi hasil yang telah disyaratkan. Untuk lebih jelasnya diperlihatkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Kadar aspal optimum

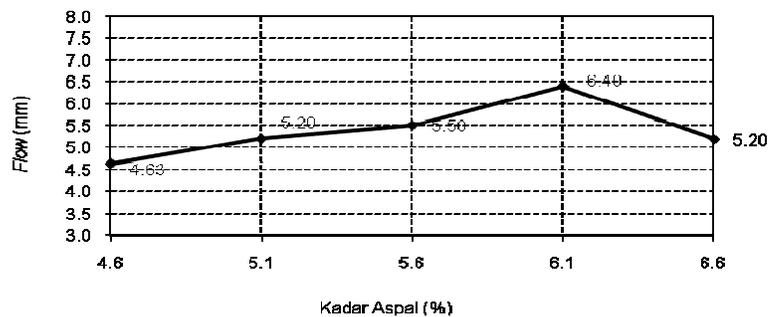
No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
			4.6	5.1	5.6	6.1	6.6
1	Density	-					
2	VMA	Min 14					
3	VITM	3.5-5.5					
4	VFWA	>63					
5	Stability	800					
6	Flow	2					
7	MQ	200					

Pada Tabel 9 terlihat bahwa nilai stabilitas dan beberapa nilai lainnya dari masing-masing variasi kadar aspal terpenuhi semuanya, hal ini terlihat dari pemberian tanda warna (hitam) untuk semua kolom dengan baris yang sama. Pengujian marshall dengan menggunakan kadar aspal 4,6%, maka didapat nilai Stabilitas 1227 kg, pada kadar aspal 5,1% didapat nilai 1413 kg, pada kadar aspal 5,6% didapat nilai 1290 kg, pada kadar aspal 6,1% didapat nilai 1480 kg, dan pada kadar aspal 6,6% didapat nilai Stabilitas 1393 kg. Adapun grafik hubungan nilai tersebut dapat diperlihatkan pada Gambar 1.



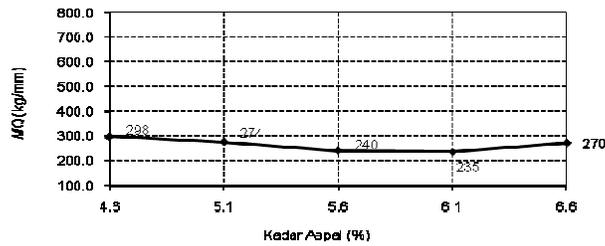
Gambar 1 Grafik hubungan *stability* dengan kadar aspal

Pada Gambar 2 terlihat bahwa pengujian marshall dengan menggunakan kadar aspal 4,6%, maka didapat nilai Flow 4,53 mm, pada kadar aspal 5,1% didapat nilai 5,20 mm, pada kadar aspal 5,6% didapat nilai 5,50 mm, pada kadar aspal 6,1% didapat nilai 6,40 mm dan pada kadar aspal 6,6% didapat nilai Flow 5,20 mm.



Gambar 2 Grafik hubungan *flow* dengan kadar aspal

Pada pengujian marshall dengan menggunakan kadar aspal 4,6%, maka didapat nilai MQ 298 mm, pada kadar aspal 5,1% didapat nilai 274 mm, pada kadar aspal 5,6% didapat nilai 240 mm, pada kadar aspal 6,1% didapat nilai 235 mm, dan pada kadar aspal 6,6% didapat nilai MQ 270 mm. Adapun grafik hubungan nilai tersebut dapat diperlihatkan pada Gambar 3.



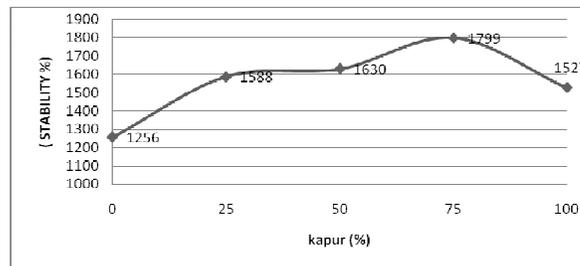
Gambar 3 Grafik hubungan MQ dengan kadar aspal

Pada Tabel 10 merupakan hasil dari pengujian langsung terhadap benda uji aspal AC-BC dengan menggunakan kadar aspal 5,6% yang diperoleh dari kadar aspal optimum (KAO) yang telah diuji sebelumnya. Setelah didapat nilai tersebut barulah dilakukan pengujian benda uji modifikasi campuran kapur sebagai bahan pengisi dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% .

Tabel 01 Hasil pengujian marshall aspal (AC-BC) dengan campuran kapur (%)

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
			0	25	50	75	100
1	Density	-					
2	VMA	Min 14					
3	VITM	3.5-5.5					
4	VFWA	>63					
5	Stability	800					
6	Flow	2					
7	MQ	200					

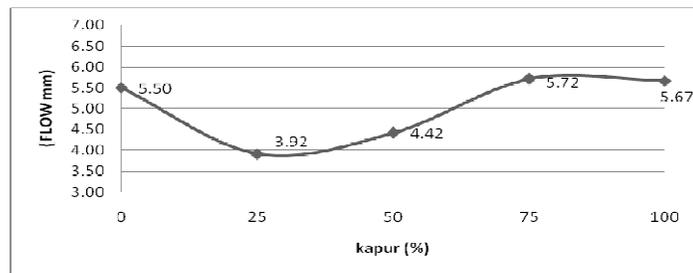
Dari hasil pengujian marshall dengan menggunakan modifikasi campuran kapur dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Maka diperoleh nilai stabilitas yaitu 1256 kg, 1588 kg, 1630 kg, 1799 kg dan 1527 kg. Adapun grafik hubungan stabilitas dengan campuran kapur dapat diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik hubungan nilai stabilitay dengan campuran kapur

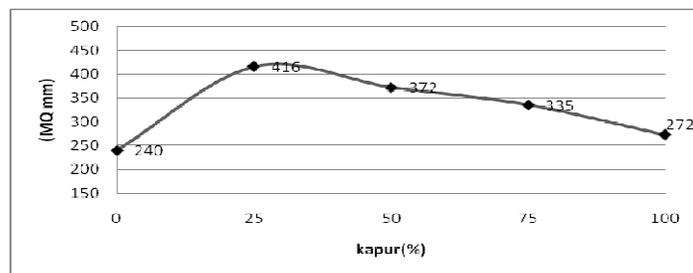
Dari hasil pengujian marshall dengan menggunakan modifikasi campuran kapur dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% maka diperoleh nilai kelelehan plastis (*flow*) yaitu 5,50 mm, 3,92 mm, 4,42 mm, 5,72 mm dan 5,67

mm. Adapun grafik hubungan kelelahan plastis (*flow*) dengan campuran kapur dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik hubungan hilai *flow* dengan campuran kapur

Dari hasil pengujian marshall dengan menggunakan modifikasi campuran kapur dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Maka diperoleh nilai *marshall quotien* (MQ) yaitu, 240 kg/mm, 416 kg/mm, 372 kg/mm, 335 kg/mm, 207 kg/mm. Adapun grafik hubungan *Marshall Quotien* (MQ) dengan campuran kapur dapat diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik hubungan nilai MQ dengan campuran kapur

3.2 Pembahasan

Pada pengujian sifat-sifat fisis agregat dalam hal ini berat jenis agregat kasar dan agregat halus semua hasil yang di dapat memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu dari $2,5 \text{ gr/cm}^3 - 7 \text{ gr/cm}^3$ sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 2. Ini berarti material yang diambil dari lokasi merupakan material yang baik secara proses alamiahnya. Namun tidak semua lokasi mempunyai kualitas/mutu material yang baik atau siap pakai.

Pada pengujian stabilitas marshall dengan menggunakan kapur sebagai filler pada aspal (AC-BC) dengan persentase 25%, 50%, 75%, 100%, terlihat nilai kerapatan (*density*) memenuhi spesifikasi yang di syaratkan oleh Bina Marga 2010 revisi 2. Hal ini disebabkan sifat dari butiran kapur keras dan kuat untuk menahan beban. Nilai VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal, pada campuran aspal panas AC-BC ini nilai VMA terus menurun seiring bertambahnya kadar kapur. Turunnya nilai VMA ini disebabkan kapur tidak mengisi rongga-rongga dalam campuran beton. Pada nilai VITM dengan penambahan kapur 25% memenuhi sedangkan untuk 50%, 75%, dan 100% tidak memenuhi spesifikasi dengan bertambahnya kadar kapur, hal ini disebabkan kapur memiliki tekstur permukaan yang licin sehingga mudah terjadinya gesekan pada saat pemadatan. Jika nilai VITM semakin meningkat akan mengakibatkan mudah terserap air dan

mudah masuknya udara yang dapat mengurangi keawetan dari beton aspal. Stabilitas terjadi dari hasil gesekan antar butir-butir agregat didalam aspal beton, Batu pecah memiliki daya penguncian yang kuat yang dapat mengunci pergeseran kapur didalam campuran.

Nilai *flow* menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar kapur maka nilai *flow* juga akan semakin meningkat, dikarenakan kapur tidak sempurna menyerap aspal sehingga pada butiran-butiran kapur memiliki selimut aspal yang tebal. MQ merupakan hasil bagi dari nilai stabilitas dengan nilai kelelahan (*flow*), nilai tersebut dapat dipakai sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan campuran panas aspal AC-BC. Bila beton aspal mempunyai angka kelelahan rendah dan stabilitas tinggi menunjukkan sifat kaku, dan apabila nilai stabilitasnya rendah dan nilai *flow* tinggi maka menunjukkan campuran cenderung plastis. Dapat dikatakan kapur sebagai bahan pengganti sebahagian atau seluruh filler tidak dapat digunakan pada campuran aspal AC-BC karena tidak dapat meningkatkan nilai parameter Marshall.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada filler variasi 25%-100% ternyata tidak dapat meningkatkan nilai parameter marshall, tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 2. Nilai yang tidak memenuhi spesifikasi tersebut adalah nilai VMA dan VITM, sedangkan nilai VFWA, *Stability*, *Flow* dan MQ memenuhi. Dapat dikatakan kapur sebagai bahan pengganti sebahagian filler tidak dapat digunakan pada campuran aspal AC-BC. Nilai stabilitas Marshall hasil pengujian Marshall aspal (AC-BC) dengan campuran kapur terlihat terjadi kenaikan $>800 \text{ kg/cm}^2$ untuk setiap variasinya. Namun demikian nilai tersebut tidak bisa digunakan sebagai hasil, karena ada beberapa nilai parameter Marshall lainnya yang tidak memenuhi persyaratan spesifikasi yang telah ditetapkan.

4.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian berikutnya pada variasi kapur yang berbeda dengan yang digunakan pada penelitian ini. Hal ini dimaksudkan untuk melihat apakah pada variasi tersebut dapat meningkatkan nilai parameter Marshall

Daftar Kepustakaan

- Anonim, 2010, *Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 2*, Dinas Pekerjaan Umum, Jakarta
- Krebs, R.D., Walker, R.D., 1971, *Highway Materials*, Mc Graw Hill Inc., USA
- Oglesby, C.H., R.G. Hick, 1982, *Highway Engineering*, 4th ed. Willey and Sons, New York.
- Sukirman, S., 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung
- Sukirman, S . (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit, Bandung