



Pengaruh Tambahan Semen Portland Komposit Pada Cold Paving Hot Mix Asbuton Terhadap Karakteristik Marshall

Hamkah¹, Juvrianto C. Jacob², Josephus R. Matitaputty³, dan Sentike Leipipi⁴

^{1, 2, 3, 4}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ambon

Hamkah, Email: hamkah27@yahoo.co.id

Abstrak

Indonesia mempunyai kekayaan aspal alam berupa asbuton yang tersedia melimpah dari Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Salah satu produk asbuton yang biasa disebut cold paving hot mix asbuton (CPHMA) adalah campuran panas asbuton sebagai pengganti aspal minyak dengan agregat dan mineral lainnya yang dibuat sedemikian rupa sehingga dapat dihampar pada suhu ruang. Sifat ini memungkinkan untuk diaplikasikan di lokasi terpencil, termasuk pulau-pulau kecil yang tidak tersedia cukup quarry batu dan fasilitas peralatan unit pencampur aspal panas untuk kebutuhan pembangunan, preservasi dan pemeliharaan perkerasan jalan. Agregat yang telah tersedia pada CPHMA menunjang pelestarian lingkungan bagi kota-kota dengan konsep Sponge City sehingga eksploitasi sungai sebagai quarry batu oleh para Penyedia Jasa dapat dihindari. Namun, kendala yang dihadapi pada perkerasan menggunakan CPHMA adalah kualitas yang dihasilkan belum bisa bersaing jika dibandingkan dengan campuran aspal yang menggunakan aspal minyak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik marshall CPHMA menggunakan semen portland komposit (PCC) sebagai tambahan filler, dan membandingkannya dengan CPHMA standar. Uji karakteristik marshall dilakukan terhadap empat jenis campuran CPHMA yang dibedakan berdasarkan tambahan filler masing-masing 1%, 2% dan 3%. Hasil uji marshall menunjukkan stabilitas CPHMA tanpa tambahan filler bernilai 704,6 kg, stabilitas CPHMA dengan tambahan filler 1% bernilai 880,5 kg, stabilitas CPHMA ditambahkan filler 2% bernilai 1.036,4 kg, dan CPHMA ditambahkan filler 3% bernilai 1.096,6 kg. Karakteristik marshall lainnya berupa VMA, VIM, VFB dan Stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam juga memenuhi persyaratan sifat CPHMA. Pemanfaatan PCC dalam campuran CPHMA dapat meningkatkan ketahanan terhadap deformasi permanen dan ketahanan terhadap air. Pemanfaatan PCC dapat diterima sebagai filler tambahan dalam meningkatkan kualitas (stabilitas) CPHMA pada kadar filler optimum 1,33 %.

Kata kunci: CPHMA, semen portland komposit, karakteristik marshall, asbuton

1. Pendahuluan

Pulau Buton yang terletak di Provinsi Sulawesi Tenggara merupakan daerah yang memiliki kekayaan alam berbentuk aspal. Aspal yang berasal dari pulau Buton biasa disebut dengan kata asbuton, diperkirakan berjumlah 677.247.000 ton. Berbagai upaya dalam memaksimalkan pemanfaatan asbuton, salah satu yang baru saja dikembangkan yakni Cold Paving Hot Mix Asbuton disingkat CPHMA.

CPHMA adalah campuran aspal yang terdiri dari agregat, asbuton butir, peremaja dan bahan tambah lain yang dicampur panas dan bisa dihampar dingin (Hadimulyono, 2015). Produk aspal CPHMA bisa berbentuk kondisi curah ataupun dalam wujud kemasan yang dikemas dalam karung berukuran 25- 50 kilogram. CPHMA bisa menunjang pekerjaan yang lokasinya jauh dari Asphalt Mixing Plant (AMP) serta lokasi yang terisolir. CPHMA digunakan buat pekerjaan penambalan, pekerjaan pelebaran bahu jalur serta pekerjaan yang volume pekerjaannya sedikit. CPHMA diperuntukkan buat kendaraan dengan beban yang ringan serta arus lalu lintas yang rendah hingga sedang (Hadimulyono, (2015). Keberadaan CPHMA diharapkan bisa membantu pemanfaatan asbuton yang jumlahnya agak banyak. Menurut Pratama dkk (2022) di wilayah Provinsi Gorontalo pekerjaan jalan telah banyak digunakan bahan aspal CPHMA sejak tahun 2020 khususnya pada ruas jalan nasional dimana lalu

lintasnya sering dilalui oleh kendaraan berat. Hal ini pasti jadi tidak tepat karena CPHMA tidak diperuntukkan untuk lalu lintas berat. Thanaya dkk (2017) telah melakukan penelitian tentang perbandingan karakteristik CPHMA dan menemukan kalau pemadatan diatas temperatur 90°C menghasilkan porositas berkisar antara 2,04 - 3,0 %, hasil yang nilainya lebih rendah dari syarat spesifikasi. Bahan CPHMA yang dipadatkan pada temperatur ideal 90°C menghasilkan karakteristik marshall, kekakuan (*stiffness*), rangkak (*creep*), serta kelelahan (*fatigue*) lebih baik dibanding dengan CPHMA yang dipadatkan pada temperatur dingin.

Oleh karena itu perlu upaya peningkatan ketahanan bagi campuran aspal CPHMA dengan perbaikan nilai stabilitas marshall melalui tambahan *filler* (FF) berupa semen portland komposit yang umum digunakan dalam campuran aspal panas (*hotmix*) sebagai *fine filler* dalam rangka memperpanjang umur penggunaan. Upaya ini tentu harus diuji durabilitasnya CPHMA digunakan pada pekerjaan penambalan jalan, dimana hasil pekerjaan yang biasa dilalui oleh kendaraan berat serta tergenang oleh air. Masalah ini bisa pengaruhi keawetan (*durability*) dari CPHMA. Tidak hanya durabilitas, menurunnya daya dukung pada campuran aspal umumnya diakibatkan pula oleh terdapatnya penuaan (*aging*) aspal. Penuaan aspal terjalin sebab menguapnya bagian cair dari aspal yang diakibatkan pengaruh terdapatnya pemanasan sehingga aspal jadi getas serta jadi lenyap daya lekatnya.

Berdasarkan fakta yang peneliti temukan visual di ruas jalan nasional, khususnya di wilayah 3T di beberapa oprit jembatan ditemukan jalan rusak yang banyak menggunakan CPHMA sebagai bahan perkerasan penutup tambalan dalam upaya pemeliharaan rutin perkerasan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh karakteristik marshall campuran CPHMA menggunakan filler tambahan berupa semen portland komposit (PCC) dan membandingkannya dengan CPHMA standar tanpa filler tambahan.

2. Metodologi

2.1. Material

Material cold paving hot mix asbuton (CPHMA) produksi CV. Mandiri Perkasa diperoleh dalam bentuk kemasan kantong 25 kg ditunjukkan pada Gambar 1(a), diperoleh dari gudang logistik salah satu Kontraktor di Pulau Buru (Maluku). *Fine filler* berupa *portland composite cement* (PCC) hasil produksi PT. Semen Tonasa dalam kemasan kantong 50 kg seperti ditunjukkan Gambar 1(b) diperoleh dari salah satu toko bangunan berlokasi di Kota Ambon.



(a) (b)

Gambar 1. Material CPHMA (a) dan Fine Filler PCC (b)

2.2. Jenis pengujian

Metode penelitian dilakukan dengan pengujian secara eksperimental di laboratorium Politeknik Negeri Ambon dan Laboratorium UPTD Pengujian dan Peralatan Dinas PU

Provinsi Maluku di Passo-Ambon. Jenis pengujian terdiri atas: Kadar aspal CPHMA, gradasi agregat penyusun CPHMA, berat jenis dan daya serap air (absorpsi) agregat kasar/halus, gradasi fine filler, berat volume agregat, uji karakteristik Marshall dan perendaman. Jumlah benda uji, metode dan standar pengujian yang digunakan masing-masing adalah: 3 uji kadar aspal CPHMA (SNI 03-3640-1994), 2 uji gradasi agregat/filler (SNI 03-2834-2000), 2 berat jenis dan absorpsi agregat kasar/halus (SNI 1969:2016), 2 uji abrasi dengan mesin Los Angeles (SNI 2417:2008), dan SNI 06-2489-1991 untuk uji marshall. Benda uji marshall disiapkan 16 bricket, terdiri dari 12 bricket untuk Tahap 1 dan 4 bricket untuk Tahap 2. Rincian tahapan dan jumlah sampel marshall ditunjukkan pada Tabel 1. Benda uji (bricket) pada tahap 1 dipilih 4 jenis campuran terdiri dari CPHMA standar tanpa tambahan filler (0%) dan 3 jenis CPHMA lainnya masing-masing dibedakan oleh tambahan filler 1%, 2% dan 3%. Benda uji (bricket) pada tahap 2 dipilih berdasarkan 2 pilihan waktu perendaman yaitu 30 menit dan perendaman 24 jam masing-masing untuk jenis CPHMA dengan tambahan kadar fine filler optimum.

Tabel 1. Tahapan dan Banyaknya Benda Uji

Tahap	Uji	Jenis campuran	Kadar filler (%)	Benda uji	
				Jumlah	Total
1	Marshall test	CPHMA	0 (<i>standar</i>)	3	12
			1.0	3	
			2.0	3	
			3.0	3	
			Banyaknya benda uji tahap 1		
2	Marshall perendaman	CPHMA	rendaman 30 menit	2	
			rendaman 24 jam	2	
			Banyaknya benda uji tahap 2		
Total benda uji untuk tahap 1 dan tahap 2					16

2.3. Karakteristik marshall dan kadar filler optimum

Karakteristik marshall yang diperlukan bagi bricket marshall CPHMA yang dipadatkan 2×75 tumbukan (Bina Marga, 2020) (Bina Marga, 2018) (Bina Marga, 2013), diuraikan pada Tabel 2 untuk keperluan uji karakteristik yang terdiri dari: VIM, VMA, VFB, Stabilitas marshall setelah perendaman 30 menit pada temperatur udara, kadar aspal (ekstraksi), dan stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam.

Tabel 2. Karakteristik marshall CPHMA

Uraian sifat campuran CPHMA	CPHMA padat	
Jumlah tumbukan per bidang	75	
Rongga dalam campuran (VIM), %	Min.	4
	Maks.	10
Rongga dalam Agregat (VMA), %	Min.	16
Rongga Terisi Aspal (VFB), %	Min.	60
Stabilitas Marshall (kg), temperatur udara	Min.	800/500
Kadar aspal/bitumen hasil ekstraksi, %	Min.	6
	Maks.	8
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, temperatur udara	Min.	75/60

Sumber: Bina Marga (2020, 6-85) dan Bina Marga (2013, 17)

Spesifikasi Bina Marga (2020) mensyaratkan stabilitas marshall minimum 500 kg, berbeda dengan spesifikasi khusus interim Bina Marga (2013) mensyaratkan stabilitas

minimum 800 kg yang relatif lebih tinggi. Persyaratan berbeda bagi karakteristik stabilitas yang lebih ringan ditemukan pada spesifikasi Bina Marga (2020), dapat dipahami sebagai upaya pemasaran penggunaan produk dalam negeri. Syarat lebih ringan juga terjadi pada karakteristik stabilitas marshall sisa yang hanya mensyaratkan 60% bagi spesifikasi Bina Marga (2020) tetapi spesifikasi khusus interim masih mensyaratkan stabilitas marshall sisa 75% lebih tinggi dari spesifikasi Bina Marga (2020) yang kini banyak digunakan di Proyek.

Kadar filler (PCC) optimum cold paving hot mix asbuton (CPHMA) ditentukan dari nilai tengah antara kadar filler maksimum dan kadar filler minimum yang memenuhi karakteristik marshall sebagaimana karakteristik yang disyaratkan bagi campuran CPHMA.

3. Hasil Uji

3.1. Kadar aspal

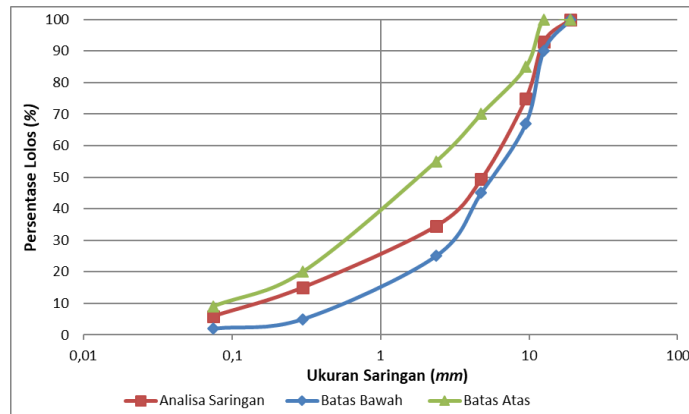
Hasil uji kadar aspal cold paving hot mix asbuton yang diambil dari kemasan kantong sebanyak 3 contoh @ 250 gram, dimasukkan dalam peralatan ekstraksi menggunakan alat soklet sebagaimana SNI 03-3640-1994, hasil timbangan 3 contoh yang diuji masing-masing untuk berat bagian: air, campuran beraspal kering, mineral agregat, mineral dalam larutan dapat diuraikan pada Tabel 3. Nilai rata-rata kadar aspal hasil analisis 3 contoh CPHMA diperoleh dari penelitian adalah 6,60%. Nilai ini tidak melampaui kadar aspal maksimum 8% dan minimum 6% (Tabel 2), hasil uji ini menunjukkan bahwa CPHMA yang digunakan telah memenuhi persyaratan Spesifikasi (Bina Marga, 2020).

Tabel 3. Hasil uji kadar aspal CPHMA

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3
Berat campuran beraspal, gram	250,0	250,0	250,0
Berat air, gram	3,3	3,4	3,3
Berat campuran beraspal kering (e), gram	246,7	246,6	246,7
Berat mineral agregat (g_1), gram	230,16	229,55	231,08
Berat mineral dalam larutan (g_2), gram	0,12	0,09	0,17
Berat aspal ($b = e - g_1 - g_2$), gram	16,42	16,96	15,45
Kadar aspal dalam campuran ($p = b/e$), %	6,66	6,88	6,26
Kadar aspal rata-rata, %			6,60

3.2. Gradasi agregat

Agregat penyusun CPHMA dilakukan uji gradasi terhadap mineral agregat hasil ekstraksi yang dilakukan beberapa kali diluar pengujian kadar aspal untuk mencukupkan benda uji menjadi minimal 2 kali pengujian. Uji gradasi menggunakan ukuran saringan yang disesuaikan dengan spesifikasi. Pengujian gradasi dari 2 contoh (Uji-1 dan Uji-2) menurut ukuran saringan (ASTM) menghasilkan nilai rata-rata. Pemenuhan terhadap spesifikasi ditunjukkan Gambar 2 dan Tabel 4. Gradasi agregat penyusun CPHMA disajikan dalam grafik analisa saringan agregat, 7 ukuran saringan digunakan dalam uji gradasi menunjukkan persentase lolos (%) yang masih memenuhi persyaratan disebabkan nilainya berada pada rentang batas atas dan batas bawah.



Gambar 2. Grafik analisa saringan agregat

Nilai batas bawah dan batas atas disyaratkan spesifikasi Bina Marga (2020) dan Bina Marga (2013) dan hasil uji analisa saringan, nilainya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisa saringan agregat

No.	Ukuran saringan (ASTM)	% Lolos saringan			Spesifikasi Bina Marga
		Uji-1	Uji-2	Rata-rata	
1	3/4" (19 mm)	100	100	100	100
2	1/2" (12.5 mm)	90.54	95.38	92.96	90 - 100
3	3/8" (9.5 mm)	61.81	88.06	74.96	-
4	No.4 (4.75 mm)	45.09	53.58	49.34	45 - 70
5	No.8 (2.36 mm)	28.74	40.26	34.50	25 - 55
6	No.50 (0.300 mm)	17.53	12.66	15.09	5 - 20
7	No.200 (0.075 mm)	3.84	8.09	5.97	2 - 9

4. Sifat fisik agregat

Agregat kasar hasil ekstraksi CPHMA diperiksa sifat fisiknya, terdiri dari: Berat jenis spesifik, penyerapan air (absorpsi), berat volume, kadar air dan keausan. Hasil pemeriksaan sifat fisik agregat disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Agregat kasar
1	Berat jenis spesifik		
	a. BJ. Nyata	-	2.63
	b. BJ. Dasar kering	-	2.82
	c. BJ. Kering permukaan	-	2.70
2	Penyerapan air (<i>absorpsi</i>)	%	2.57
3	Berat volume		
	a. Kondisi lepas	kg/ltr	1.80
	b. Kondisi padat	kg/ltr	1.90
4	Kadar air	%	4.40
5	Keausan	%	26.14

5. Semen portland komposit

Semen portland komposit atau portland composite cement (PCC) yang digunakan sebagai fine filler tambahan berdasarkan penelitian sebelumnya dengan jenis bahan dan hasil produksi yang sama, hasilnya dapat disajikan sifat fisiknya pada Tabel 6.

Tabel 6. Sifat-sifat fisik semen portland komposit

No.	Oksida	Persyaratan	Satuan	Hasil
1	MgO	6.0 maks.	%	0.97
2	SO ₃	4.0 maks.	%	2.16
3	<i>Loss of Ignition</i>	5.0 maks.	%	1.98

Sumber: Hamkah dkk (2018-1750)

Kandungan oksida yang terdapat pada PCC berdasarkan hasil uji dapat dinyatakan memenuhi syarat SNI 15-7064-2004 sebagai fine filler sebagaimana standar semen portland komposit.

6. Karakteristik marshall CPHMA

Pemeriksaan marshall terhadap contoh bricket yang disiapkan, dianalisis karakteristiknya yang terdiri dari: VMA, VIM, VFB, Stability (rendaman 30 menit dan 24 jam), Flow dan berat jenis. Hasil analisis dapat disajikan pada Tabel 7 masing-masing untuk CPHMA tanpa filler, dengan filler 1%, 2%, 3%, dan analisis CPHMA pada kadar filler optimum.

Tabel 7. Hasil analisis uji marshall CPHMA

Karakteristik marshall campuran (<i>satuan</i>)	Kadar filler/PCC (%)				Kadar filler terpenuhi (%)
	0	1.0	2.0	3.0	
VMA (%)	17,6	16,9	17,0	17,7	0 – 3,0 %
VIM (%)	5,3	6,1	8,1	10,3	Maks. 2,86 %
VFB (%)	68,0	72,6	76,3	78,7	0 – 3,0 %
Stability (<i>kg</i>)	704,6	880,5	1036,4	1096,6	0 – 3,0 %
Stabilitas marshall sisa (%)	85,4	86,8	87,9	89,0	0 – 3,0 %
Flow (<i>mm</i>)	5,0	4,3	3,4	2,8	Maks. 2,67 %
Berat jenis (<i>gr/cc</i>)	2,20	2,21	2,22	2,23	-

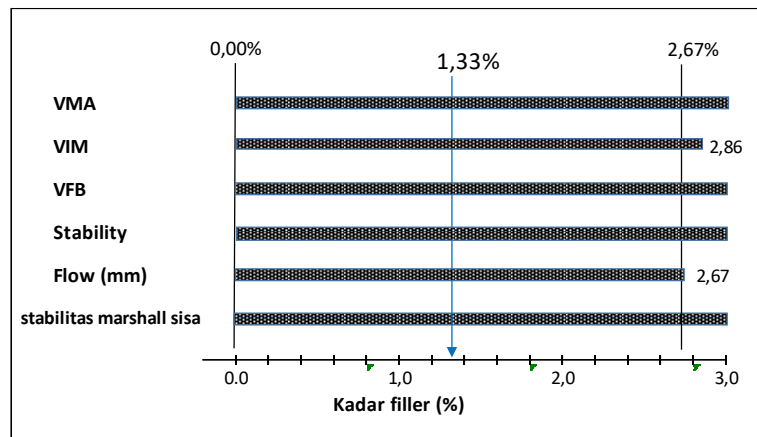
Karakteristik rongga dalam agregat (VMA) berdasarkan Tabel 2, maka CPHMA tanpa filler (0 %) maupun dengan tambahan filler hingga 3 % tetap memenuhi persyaratan minimum 16 %. Demikian karakteristik rongga terisi aspal (VFB), CPHMA tanpa filler maupun dengan tambahan filler hingga 3% tetap memenuhi persyaratan minimum 60 %. Karakteristik marshall CPHMA tanpa filler maupun dengan tambahan filler hingga 3 % juga tetap memenuhi Stability dan Stabilitas marshall sisa masing-masing 500 kg dan 75 % sebagaimana disyaratkan spesifikasi minimum (Bina Marga, 2020).

Berbeda dengan karakteristik rongga dalam campuran (VIM) berdasarkan Tabel 2, maka CPHMA tanpa filler maupun dengan tambahan filler hingga 2% tetap memenuhi persyaratan, tetapi dengan tambahan filler 3% CPHMA tidak memenuhi persyaratan VIM maksimum 10%. Hal yang sama terjadi untuk karakteristik kelelahan (*flow*), CPHMA tanpa maupun dengan tambahan filler hingga 2% tetap memenuhi persyaratan spesifikasi 3–5 *mm* (Bina Marga, 2013, SKh-1.6.3.3-6), tetapi tambahan filler 3 % nilai *flow* CPHMA hanya 2,8 *mm* tidak memenuhi persyaratan kelelahan (*flow*) minimum 3,0 *mm* (Bina Marga, 2013).

Berat jenis CPHMA berdasarkan Tabel 7 mengalami penurunan nilai seiring dengan penambahan *filler* PCC, hal ini sesuai dengan peningkatan karakteristik VIM yang meningkat disebabkan meningkatnya rongga dalam campuran (VIM) dan rongga terus meningkat disebabkan pengaruh sulitnya memadatkan CPHMA yang ditambahkan dengan *filler*.

7. Kadar filler optimum

Hasil uji marshall terhadap bricket CPHMA tanpa filler maupun dengan tambahan filler hingga 3%, karakteristik VMA, VFB, Stabilitas rendaman 30 menit dan 24 jam masing-masing menunjukkan karakteristik memenuhi spesifikasi CPHMA yang disyaratkan Tabel 2. Karakteristik VIM dan kelelahan masing-masing tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga (2013) bila tambahan filler PCC secara berurutan melampaui 2,86 % dan 2,67 % (Tabel 7).



Gambar 3. Karakteristik marshall pada kadar filler

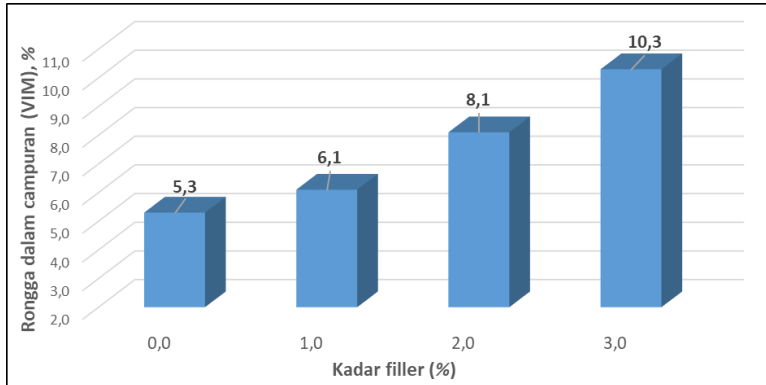
Gambar 3 ditunjukkan 6 karakteristik marshall CPHMA, batas minimum 0% dan batas maksimum 2,67% filler terhadap berat campuran yang dapat ditambahkan pada CPHMA hingga memenuhi syarat spesifikasi kelelahan (*flow*). Kadar filler optimum dengan demikian dapat ditentukan berdasarkan karakteristik flow karena alasan batas rentang terkecil diantara 6 karakteristik marshall lainnya. Harga tengah dari batas maksimum dan batas minimum diperoleh kadar filler optimum CPHMA bernilai 1,33 %.

4. Pembahasan

Perolehan hasil uji 6,6 % menunjukkan nilai rata-rata 3 pengujian kadar aspal CPHMA masih berada pada rentang 6 s.d. 8 %, demikian hasil uji gradasi agregat menunjukkan nilai rata-rata 2 pengujian untuk semua ukuran saringan berada diantara nilai rentang spesifikasi, oleh sebab itu jenis material yang dipakai dalam penelitian ini dapat dinyatakan memenuhi kadar aspal dan gradasi CPHMA yang disyaratkan spesifikasi (Bina Marga, 2020) (Bina Marga, 2013).

4.1. Rongga dalam campuran (VIM)

Untuk mencapai ketahanan yang tinggi diperlukan rongga dalam campuran (VIM) yang kecil, sebab dengan demikian udara tidak (atau sedikit) masuk kedalam campuran yang dapat menyebabkan menjadi rapuh. Rongga dalam campuran CPHMA disyaratkan 4,0 s.d. 10 % (Tabel 2). Gambar 4 dibandingkan hubungan antara penambahan kadar filler 1,0 hingga 3,0 % dengan rongga dalam campuran (VIM). Karakteristik VIM mengalami peningkatan seiring dengan penambahan filler, bahkan penambahan hingga 3 % menyebabkan VIM naik hingga 10,3 % melampaui syarat maksimum 10%. Hasil ini menggambarkan bila penambahan filler pada CPHMA perlu dibatasi karena berpotensi menyebabkan sifat CPHMA lebih kaku hingga sulit dipadatkan dan akan menghasilkan CPHMA tidak kedap air.

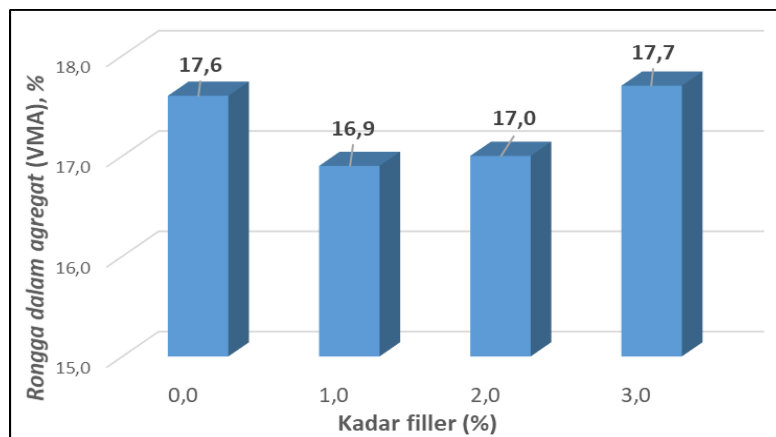


Gambar 4. Hubungan kadar filler vs VIM

Analisis interpolasi antara kadar filler 2 % dan 3 % terhadap nilai VIM 10 % diperoleh kadar filler senilai 2,86 %. Hasil analisis menunjukkan agar CPHMA memenuhi karakteristik VIM, maka filler PCC yang dapat ditambahkan dibatasi maksimal 2,86 % terhadap berat campuran (lihat Gambar 3).

4.2. Rongga dalam agregat (VMA)

Untuk mencapai ketahanan yang tinggi diperlukan rongga dalam agregat (VMA) yang besar, sehingga aspal dapat menyelimuti agregat lebih baik. Rongga dalam agregat CPHMA disyaratkan minimal 16 % (Tabel 2). Gambar 5 dibandingkan hubungan antara penambahan kadar filler 1,0 hingga 3,0 % dengan rongga dalam agregat (VMA). Karakteristik VMA mengalami penurunan 16,9 % (terendah) pada penambahan filler 1,0 %, tetapi penambahan hingga 3,0 % kembali mengalami kenaikan nilai VMA hingga 17,7 %. Hasil menggambarkan bila penambahan filler pada CPHMA tidak perlu dibatasi karena nilai VMA minimal 16 % tetap terlampaui mesti penambahan hingga 3 % filler. Tambahan filler PCC hingga 3 % terhadap berat CPHMA dapat meningkatkan ketahanan CPHMA akibat meningkatnya tingkat penyelimutan aspal terhadap CPHMA.



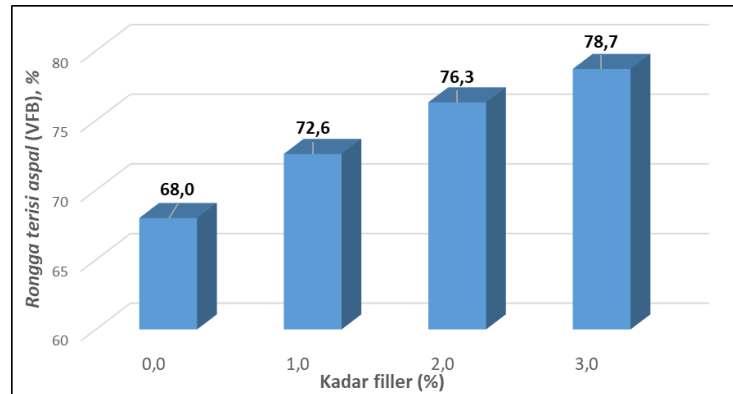
Gambar 5. Hubungan kadar filler vs VMA

4.3. Rongga terisi aspal (VFB)

Nilai rongga terisi aspal (VFB) yang tinggi menyebabkan campuran aspal lebih padat atau berat jenis (density) semakin meningkat disebabkan aspal dalam campuran lebih banyak mengisi rongga dalam campuran (Misbah, 2015). Terjadinya peningkatan VFB dari 68,0 % menjadi 72,6 % setelah penambahan filler 1,0% karena CPHMA mengalami

peningkatan VIM. Nilai VFB terus meningkat menjadi 76,3 % dan 78,7 % masing-masing bila dilakukan penambahan filler menjadi 2,0 % dan 3,0 %. Filler PCC dapat ditambahkan pada CPHMA karena nilai VFB yang ditunjukkan Gambar 6 melampaui syarat minimum 60 % (Tabel 2).

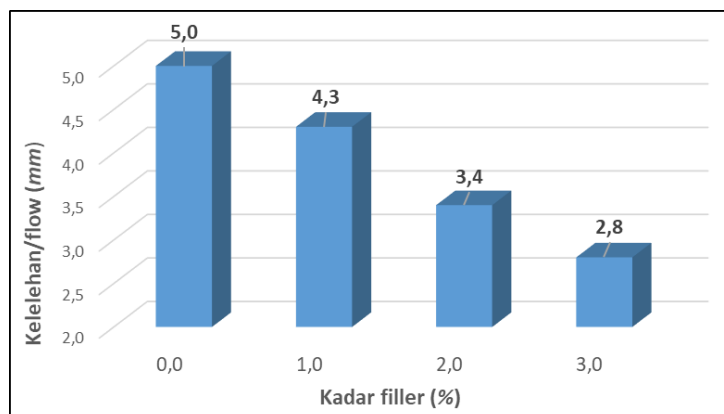
Penambahan filler PCC dapat dilakukan hingga 3,0 % karena meningkatkan kepadatan (density) CPHMA akibat aspal dalam campuran lebih banyak mengisi rongga.



Gambar 6. Hubungan kadar filler vs VFB

4.4. Kelelahan (Flow)

Untuk mencapai ketahanan yang tinggi diperlukan kelelahan (*flow*) yang memenuhi rentang spesifikasi, sebab dengan demikian udara tidak (atau sedikit) masuk kedalam campuran yang dapat menyebabkan menjadi rapuh. Kelelahan CPHMA disyaratkan Tabel 2 senilai 3,0 s.d. 5,0 % (Bina Marga, 2020). Gambar 7 dibandingkan hubungan antara penambahan kadar filler 1,0 hingga 3,0 % dengan kelelahan (*flow*). Karakteristik *flow* mengalami penurunan seiring dengan penambahan filler, bahkan penambahan hingga 3 % menyebabkan nilai *flow* turun hingga 2,8 % melampaui syarat minimum 3,0 %. Hasil ini menggambarkan bila penambahan filler pada CPHMA perlu dibatasi karena berpotensi menyebabkan sifat CPHMA lebih kaku hingga kelenturan perkerasan menjadi berkurang menghasilkan CPHMA tidak tahan terhadap lendutan yang diakibatkan oleh beban lalu lintas.



Gambar 7. Hubungan kadar filler vs flow

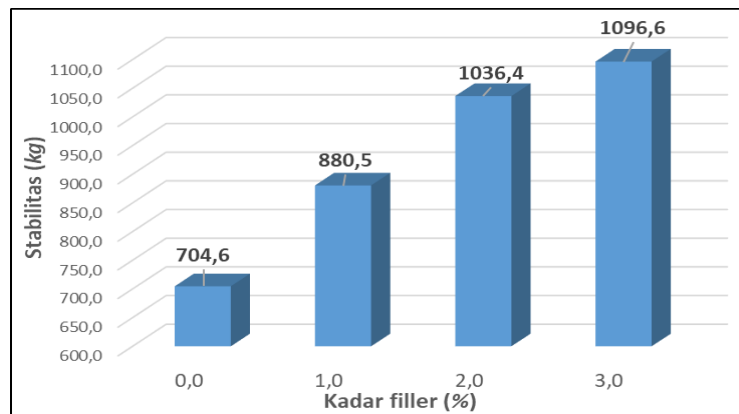
Analisis interpolasi antara kadar filler 2 % dan 3 % terhadap nilai flow 3,0 mm (minimum) diperoleh kadar filler senilai 2,67 %. Hasil analisis menunjukkan agar CPHMA

memenuhi karakteristik flow, maka filler PCC yang dapat ditambahkan dibatasi maksimal 2,67 % terhadap berat campuran (lihat Gambar 3).

4.5. Stabilitas

Nilai stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan campuran menjadi terlalu kaku, hal ini berakibat perkerasan mudah menjadi retak bila menerima beban, tapi bila nilai stabilitas yang terlalu rendah campuran aspal agregat akan mudah mengalami rutting oleh adanya beban lalu lintas (Misbah, 2015). Gambar 8 menunjukkan terjadinya peningkatan stabilitas yang berarti kekakuan meningkat dari 704,6 kg menjadi 880,5 kg setelah penambahan filler 1,0%. Penambahan filler 2,0 % dan 3,0 % juga meningkatkan stabilitas masing-masing menjadi 1.036,4 kg dan 1.096,6 kg seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Nilai stabilitas marshall, baik CPHMA standar (0 %), maupun dengan tambahan 1,0 % hingga 3,0 % sebagaimana ditunjukkan Gambar 8 memenuhi spesifikasi minimum 500 kg (Bina Marga, 2020).

Penambahan filler PCC pada CPHMA berpengaruh meningkatnya nilai stabilitas CPHMA.

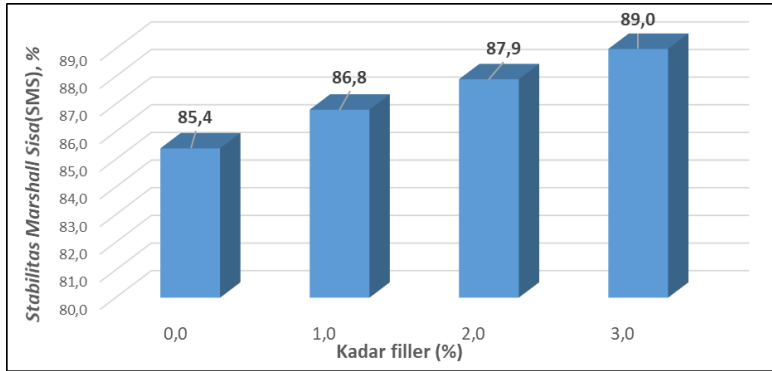


Gambar 8. Hubungan kadar filler vs stabilitas

4.6. Stabilitas marshall sisa (SMS)

Durabilitas campuran beton aspal mempunyai pengaruh terhadap kinerja dan umur layanan suatu jalan. Durabilitas yang tinggi memberikan indikasi bahwa jalan tersebut lebih awet dan mempunyai ketahanan dari pengaruh cuaca dan air (Tahir, 2009). Metode pengujian durabilitas campuran aspal menggunakan karakteristik stabilitas marshall sisa setelah dilakukan perendaman bricket marshall selama 24 jam. Prosentase perbandingan antara stabilitas marshall 24 jam dibandingkan bila perendaman dilakukan 30 menit, dinyatakan dengan stabilitas marshall sisa. Gambar 9 menunjukkan terjadinya peningkatan SMS yang berarti durabilitas CPHMA meningkat dari 85,4 % menjadi 86,8 % setelah penambahan filler 1,0%. Penambahan filler 2,0 % dan 3,0 % juga meningkatkan durabilitas masing-masing menjadi 87,9 % dan 89,0 % sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9. Nilai durabilitas CPHMA, baik standar (0 %), maupun dengan tambahan 1,0 % hingga 3,0 % memenuhi spesifikasi minimum 75 % (Bina Marga, 2020).

Penambahan filler PCC pada CPHMA berpengaruh terhadap meningkatnya durabilitas.

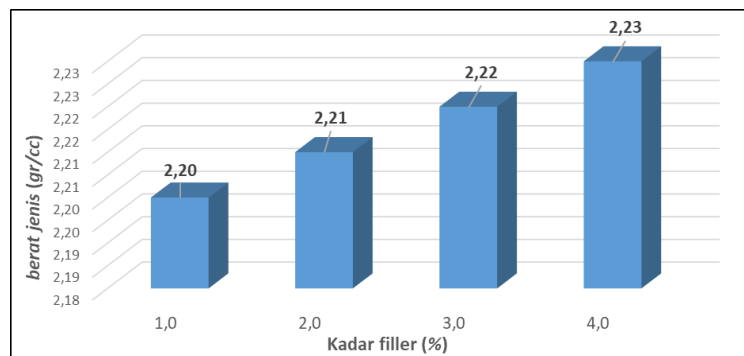


Gambar 9. Hubungan kadar filler dengan SMS/durabilitas

4.7. Berat jenis

Berat jenis merupakan parameter penting dalam mengukur tingkat kepadatan pelaksanaan pekerjaan campuran aspal. Gambar 10 menunjukkan terjadinya peningkatan berat jenis yang berarti kepadatan/density meningkat dari 2,20 gr/cc menjadi 2,21 gr/cc setelah penambahan filler 1,0%. Penambahan filler 2,0 % dan 3,0 % juga meningkatkan berat jenis masing-masing menjadi 2,22 gr/cc dan 2,23 gr/cc seperti ditunjukkan pada Gambar 10.

Penambahan filler PCC pada CPHMA berpengaruh terhadap meningkatnya nilai density.



Gambar 10. Hubungan kadar filler dengan berat jenis

5. Kesimpulan

Penambahan *filler* semen portland komposit (PCC) berpengaruh terhadap karakteristik marshall CPHMA, antara lain peningkatan nilai rongga dalam campuran (VIM), rongga terisi aspal (VFB), stabilitas, stabilitas marshall sisa, dan berat jenis (density). Sebaliknya pengaruh penurunan nilai kelelahan (*flow*) akibat penambahan *filler* semen portland komposit (PCC). Nilai rongga dalam agregat (VMA) meningkat pada tambahan *filler* PCC 1,0 %, tetapi VMA menurun pada tambahan *filler* PCC lebih dari 1,0 % hingga 3,0 % terhadap CPHMA. Penambahan semen portland komposit hingga 2,67 % mengakibatkan perubahan karakteristik marshall CPHMA yang masih memenuhi spesifikasi Bina Marga. Penggunaan semen Portland komposit pada kadar filler optimum 1,33 % meningkatkan kinerja CPHMA sebagai lapis perkerasan jalan lentur.

Penelitian lebih lanjut tentang peningkatan kinerja CPHMA dapat disarankan menggunakan jenis *filler* abu batu (*crusher dust*) hasil produksi mesin pemecah batu (*stone crusher*) atau fine filler semen jenis/merk lain yang mudah diperoleh di lokasi pekerjaan.

Daftar Rujukan

- Bina Marga. [2018]. Surat Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018 Tentang Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan. *Direktorat Jenderal Bina Marga*, Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Bina Marga. [2020]. Spesifikasi Umum 2018, edisi Revisi-2. *Direktorat Jenderal Bina Marga*, Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Bina Marga. [2013]. Spesifikasi khusus interim. Bahan asbuton campuran panas hampar dingin (Cold Paving Hot Mix Asbuton, CPHMA) Untuk Tambalan Dan Pekerjaan Pada Bahu Jalan. *Direktorat Jenderal Bina Marga*. Kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat. Jakarta.
- Fikriaraz, M.A. [2015]. Pengaruh Penuaan Jangka Pendek Pada Kuat Tekan Aspal Porous Yang Menggunakan BGA (Buton Granular Asphalt), *Universitas Hasanuddin*, Makassar.
- Hadimulyono, B. [2015]. Pedoman Pelaksanaan Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin (Cold Paving Hot Mix Asbuton). Surat Edaran Nomor: 28/SE/M/2015. *Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat*. Jakarta.
- Hamkah, Tjaronge, M. W., Djamaluddin, R., Nasruddin [2018]. Prediction Model of Compressive Strength of Concrete Composed of Portland Composite Cement, Marine Sand, and Sea Water Using Maturity Method. *International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 13, Number 3 (2018)* pp. 1748-1754.
- Hamkah, Rohana, Aisyah [2022]. Evaluasi Kinerja Perkerasan Latasir Pada Ruas Jalan Nasional Di Pulau Ambon. *Jurnal Bangunan ISSN 0852-2480; e-ISSN 2621-0959, Volume 27, Nomor 2 (Oktober 2022)* pp. 17-32.
- Leuhery, L. and Hamkah. [2020]. Preliminary Study on National Road Condition of Ambon City, Indonesia. *Civil Engineering and Architecture, Vol. 8 No. 5*, pp.1063-1073.
- Misbah. [2015]. Pengaruh Variasi Kadar Aspal Terhadap Nilai Karakteristik Campuran Panas Aspal Agregat (AC-BC) Dengan Pengujian Marshall. *Jurnal Teknik Sipil ITP, Vol. 2 No. 1*, pp.41-48.
- Pinangkaan, V. Y., Sompie, T. P. F., Sudarno [2022]. "Analisis Perbandingan Karakteristik antara AC-WC Asbuton dengan Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA)". *Jurnal Semesta Teknik, Vol. 25, No. 1, 60-70, Mei 2022*, pp. 60-70.
- Pratama, A.D.Y., Achmad, F., and Desei, F.L. [2022]. "Pengaruh Lama Rendaman Dan Penemuan Aspal Terhadap Nilai Durabilitas Campuran Aspal Col Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA)". *Jurnal Teknik sipil, ISSN 2807-5919, Vol. 2, No. 1, pp. 10-20*.
- Tahir, A. dan Setiawan, A. [2009]. Kinerja Durabilitas Campuran Beton Aspal Ditinjau Dari Faktor Variasi Suhu Pematatan Dan Lama Perendaman. *Jurnal SMARTek, ISSN 1693-0460, Vol. 7, No. 1*, pp. 45-61.
- Thanaya, I.N.A., Suweda, I.W., and Sparsa, A.A.A. [2017]. Perbandingan Karakteristik Campuran Col Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA). *Jurnal Teknik Sipil, ISSN 0853-2982, Vol. 24, No. 3*, pp. 247-256.
- Yosevina. [2022]. Pengaruh Penggunaan Aspal Modifikasi Polimer Ethyl Vinyl Acetat (EVA) Terhadap Campuran Laston Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC), *Media Ilmiah Teknik Sipil, Volume 10, No. 2*, pp. 95-104.