

UJI EKSPERIMENTAL PENENTUAN KADAR ASPAL EMULSI OPTIMUM DENGAN MENGGUNAKAN BUKU 5 BINA MARGA (CAMPURAN BERASPAL DINGIN DENGAN ASBUTON BUTIR PEREMAJA EMULSI)

Franky E.P. Lopian^{1*}, Irianto¹, Pangeran Holong Sitorus²

¹*Magister Rekayasa Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua, Jayapura
email : edwinlapian31031975@gmail.com

¹*Magister Rekayasa Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua, Jayapura
email : irian.anto@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua, Jayapura
email : pangeransitorus1@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan pembangunan jalan di Indonesia akhir-akhir ini mengalami peningkatan. Hal ini mengakibatkan kebutuhan akan aspal yang merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam campuran perkerasan juga ikut meningkat. Aspal emulsi di Indonesia telah diterapkan, namun hanya pada lapisan perekat dan lapisan resap saja. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga telah mengeluarkan beberapa pedoman sebagai panduan pelaksanaan pekerjaan campuran aspal dingin. Penggunaan teknologi campuran aspal emulsi yang memiliki suhu rendah akan mengurangi emisi, menekan jumlah konsumsi energi dan menghindari oksidasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran aspal emulsi menggunakan metode Bina Marga dengan mengacu pada Buku 5 Bina Marga (Campuran Beraspal Dingin Dengan Asbuton Butir Dengan Peremaja Emulsi). Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan hubungan antara kandungan kadar aspal emulsi dan seluruh parameter Marshall dan volumetrik didapatkan kadar optimum residu aspal emulsi adalah sebesar 5,5%. Berdasarkan hubungan antara kandungan kadar aspal emulsi dan nilai stabilitas didapatkan kandungan kadar aspal optimum berada pada kadar 5,5%. Nilai hasil pengujian ini sesuai dengan spesifikasi penentuan kadar aspal efektif oleh Departemen Pekerjaan Umum tahun 2006.

Kata kunci: *Infrastruktur Jalan, Aspal Emulsi, Bina Marga*

PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan jalan di Indonesia akhir-akhir ini mengalami peningkatan. Hal ini mengakibatkan kebutuhan akan aspal yang merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam campuran perkerasan juga ikut meningkat. Aspal emulsi di Indonesia telah diterapkan, namun hanya pada lapisan perekat dan lapisan resap saja. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga telah mengeluarkan beberapa pedoman sebagai panduan pelaksanaan pekerjaan campuran aspal dingin. Penggunaan teknologi campuran aspal emulsi yang memiliki suhu rendah akan mengurangi emisi, menekan jumlah konsumsi energi dan menghindari oksidasi.

Banyak peneliti telah mengembangkan aspal emulsi melalui campuran aspal dingin. Di antara penelitian mengenai campuran aspal dingin sebagai berikut ; Hasil penelitian Yongjoo Kim dan Hosin David Lee, (2011), menunjukkan bahwa penggunaan aspal emulsi memiliki tingkat efektivitas yang tinggi dalam pelaksanaan daur ulang campuran aspal di lapangan. Shaowen Du, (2013), merekomendasikan metode campuran semen yang dimodifikasi dengan campuran aspal emulsi berdasarkan pilihan semen optimum yang hasilnya adalah meningkatkan kekakuan pengikat aspal dan adhesi di permukaan agregat dalam aplikasi praktis. Abbas Al-Hdabi, dkk (2013), mengungkapkan bahwa dengan penggunaan abu limbah di dalam campuran aspal dingin dapat meningkatkan ketahanan material terhadap sensitivitas air dan memberikan ketahanan yang baik terhadap kelelahan.

Perkembangan jumlah beban lalu lintas yang akan diterima oleh jalan mengakibatkan masa layanan dari lapisan perkerasan akan berkurang. Beban tekan dan beban tarik adalah dua pembebanan yang dialami oleh suatu lapisan perkerasan jalan. Untuk beban tekan dapat diperoleh besarnya nilai dengan pengujian



Marshall secara langsung. Sejumlah aturan telah dikeluarkan oleh Bina Marga untuk mengetahui karakteristik dari campuran beraspal baik campuran beraspal panas maupun campuran beraspal dingin, khususnya campuran aspal emulsi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran aspal emulsi menggunakan metode Bina Marga dengan mengacu pada Buku 5 Bina Marga (Campuran Beraspal Dingin Dengan Asbuton Butir Dengan Peremaja Emulsi).

LANDASAN TEORI

Aspal Emulsi

Penggunaan aspal emulsi di mulai pada awal abad ke 20. Saat ini 5% sampai 10% dari kelas aspal yang digunakan adalah dalam bentuk emulsi, tetapi penggunaan aspal emulsi sangat bervariasi antar negara. Amerika Serikat merupakan salah satu produsen terbesar di dunia dari aspal emulsi. Keuntungan dari aspal emulsi dibandingkan dengan aspal panas adalah dapat mengurangi pengikat yang dapat terkait dengan aplikasi suhu rendah, kompatibilitas dengan binder berbasis air yang lain seperti lateks karet, semen dan pelarut-pelarut rendah. Peran komponen aspal emulsi seperti pengemulsi atau emulsifier, asam atau alkali, dan aditif-dalam menentukan sifat fisik dan reaktivitas emulsi dapat dijelaskan. Klasifikasi aspal emulsi dapat dibedakan menjadi beberapa berdasarkan nilai reaktivitas, muatan partikel, dan sifat fisik yang dapat dijelaskan. Dua puluh tahun terakhir telah terlihat kemajuan dalam pemahaman tentang bagaimana pengaruh kimia dari kinerja emulsi yang terjadi. Akibatnya formulasi dapat dikembangkan untuk mengoptimalkan kinerja dari bahan konstruksi atau proses konstruksi yang bukan hanya untuk memenuhi spesifikasi standar tetapi lebih dari itu yakni mudah dalam perawatan, cepat kering dan bahan dingin yang dicampur memiliki sifat yang lebih baik. Oleh karena itu, campuran aspal emulsi merupakan campuran yang tidak begitu sulit.

Aspal emulsi adalah aspal cair yang dihasilkan dengan cara mendispersikan aspal keras bitumen ke dalam air atau sebaliknya dengan bantuan bahan pengemulsi. Aspal emulsi merupakan hasil dispersi bahan aspal semen dalam air secara merata dengan menggunakan emulsifier yang berfungsi mengikat molekul aspal dengan molekul air. Dalam suatu campuran emulsi, kandungan aspal umumnya berkisar $\pm 55-75\%$ dan kandungan bahan pengemulsi (emulsifier) $\pm 3\%$.

Aspal emulsi dapat dikelompokkan menurut jenis muatan listriknya dan menurut kecepatan pengerasannya. Berdasarkan muatan listrik yang dikandungnya, aspal emulsi dapat dibedakan menjadi :

- Aspal emulsi kationik atau disebut aspal emulsi asam adalah aspal emulsi yang bermuatan positif.
- Aspal emulsi anionik atau disebut aspal emulsi alkali adalah aspal emulsi yang bermuatan negatif dan banyak digunakan untuk melapisi batuan basa.
- Aspal emulsi monionik adalah aspal emulsi yang tidak bermuatan listrik.

Berdasarkan kecepatan pengerasannya, aspal emulsi dibedakan menjadi :

Aspal emulsi RS (*Rapid Setting*), direncanakan mempunyai tingkat reaksi yang cepat dengan agregat penyertanya dan berubahnya emulsi ke aspal. Jenis RS akan menghasilkan lapisan film yang relatif tebal.

Aspal emulsi MS (*Medium Setting*), direncanakan memiliki tingkat pencampuran medium dengan sasaran agregat kasar. Karena jenis ini tidak akan memecah jika berhubungan dengan agregat, maka campuran yang menggunakan jenis ini akan tetap dapat dihamparkan dalam beberapa menit.

Aspal emulsi SS (*Slow Setting*), jenis ini direncanakan untuk hasil pencampuran yang memiliki stabilitas tinggi. Jenis ini digunakan dengan agregat bergradasi padat dan mengandung kadar agregat halus yang tinggi.

Agregat

Agregat atau batu, atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya dalam hal ini pada perkerasan jalan. Daya dukung

perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan. Kualitas suatu agregat sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat yang dikandungnya. Di antara sifat-sifat yang ada yaitu *strength* atau kekuatan, *durability* atau keawetan, *adhesiveness* atau daya rekat terhadap aspal dan *workability* atau kemudahan dalam pelaksanaan.

Agregat, batu, atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya dalam hal ini pada perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan (Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Departemen Pekerjaan Umum).

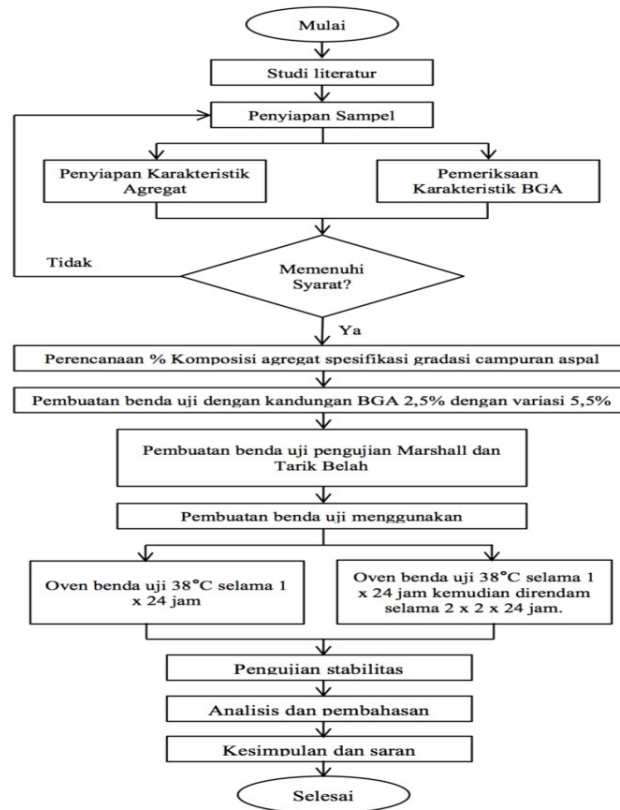
Pengujian Aspal dengan Metode Marshall

Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukannya uji *Marshall* tersebut. AASHTO menetapkan minimal 3 buah benda uji untuk setiap kadar aspal yang digunakan. Prinsip dasar dari metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*).

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah di standarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin pengujian) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flow meter*. Proving ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, AASHTO T 245-90 atau ASTM D 1559-76. Secara garis besar pengujian Marshall meliputi : persiapan benda uji, penentuan berat jenis *bulk* dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*, dan perhitungan sifat volumetrik benda uji.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah metode eksperimen di laboratorium. Campuran aspal dingin diproduksi dengan menggunakan aspal emulsi CSS-1h EA-60. Kemudian dilakukan pengkajian dan pengujian stabilitas dengan *Marshall Test*. Penelitian ini di laksanakan di Laboratorium Laboratorium Balai Besar Jalan Nasional Abepura, Jayapura, Penelitian ini rencana dilaksanakan selama 2 bulan dimulai dari bulan Maret sampai Mei 2018.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Material Penelitian

Adapun bahan/material yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Material agregat kasar, agregat halus dan abu batu diambil dari pemecah batu yang ada di sekitar Abepura, Jayapura.
- Aspal emulsi CSS-1h EA-60 diperoleh dari salah satu produsen aspal emulsi di Indonesia.

Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang dibuat yaitu sebesar 25 buah untuk kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%. Pembuatan benda uji mengacu pada SNI Marshall, diawali dengan penimbangan komponen penyusun campuran, yaitu agregat, aspal emulsi, sesuai rancangan *mix design*. Semua material dicampur dalam suhu ruang. Selanjutnya, campuran dimasukkan ke *mould* silinder yang telah dilapisi kertas saring di kedua sisinya. Kemudian proses pemadatan campuran pada suhu ruang dilakukan dengan alat penumbuk (berat 4,5 kg dan tinggi jatuh 45,7 cm) dengan jumlah tumbukan 35 kali, 50 kali dan 75 kali untuk setiap bidang. Setelah kondisi dingin, benda uji yang telah dipadatkan dikeluarkan dari *mould* dengan menggunakan *ejector*. Kemudian benda uji di oven selama 1 x 24 jam pada suhu 38°C (Normal) tetapi sebelumnya didiamkan dalam *mould* terlebih dahulu selama 1 x 24 jam. Selanjutnya kembali membuat benda uji yang ditambahkan dengan proses perendaman selama 2 x 2 x 24 jam untuk mendapatkan stabilitas sisa. Tetapi dengan proses *curing* yang berbeda, benda uji didiamkan pada suhu ruangan sesuai waktu yang ditentukan.

Pengujian Karakteristik Agregat

Jenis pengujian dan metode pengujian agregat kasar (*chipping*), abu batu, serta *filler* ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Metode Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian	Metode Pengujian
Penyerapan Air	SNI 03-1969-1990
Berat Jenis	SNI 03-1969-1990
Indeks Kepipihan	RSNI T-01-2005
Keausan Agregat	SNI 2417-2008

Tabel 2. Metode Pengujian Karakteristik Abu Batu dan Filler

Pengujian	Metode Pengujian
Penyerapan Air	SNI 03-1970-1990
Berat Jenis	SNI 03-1970-1990
Sand Equivalent	SNI 03-4428-1997

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan karakteristik agregat dilakukan untuk menentukan kelayakan agregat digunakan. Tabel 3 sampai dengan Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian karakteristik agregat yang telah dilakukan. Berdasarkan dari hasil pengujian karakteristik agregat kasar dan halus terlihat bahwa agregat yang digunakan memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk bahan jalan yang disyaratkan.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan	(Batu Pecah)	
	0,5 - 1 (cm)	1 - 2 (cm)
Penyerapan air, %	2.071	2.08
Berat jenis bulk	2.622	2.627
Berat jenis <i>Saturated Surface Dry</i> (SSD)	2.677	2.682
Berat jenis semu	2.773	2.779
Indeks kepipihan, %	20.1	9.38
Keausan agregat, %	25.72	24.36

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Abu Batu

Penyerapan air, %	2.792	
<i>Sand Equivalent</i> , %	89.66	
Berat jenis bulk	Berat jenis <i>Saturated Surface Dry</i> (SSD)	Berat jenis semu
2.449	2.518	2.629

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Filler

Penyerapan air, %	2.283	
<i>Sand Equivalent</i> , %	69.57	
Berat jenis bulk	Berat jenis <i>Saturated surface dry</i> (SSD)	Berat jenis semu



2.595	2.654	2.758
-------	-------	-------

Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Emulsi CSS-1h

Karakteristik aspal emulsi jenis CSS-1h yaitu jenis aspal emulsi yang bermuatan positif dengan waktu pengikatan yang lambat dengan kode EA-60 yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 6. Karakteristik aspal emulsi yang digunakan meliputi kekentalan *saybolt furol* pada 25°C, stabilitas penyimpanan 24 jam, muatan listrik partikel, analisa saringan tertahan no. 20, penyulingan yang meliputi kadar air, kadar minyak dan kadar residu, penetrasi residu, daktilitas residu dan kelarutan residu dalam C₂HCl₃. Selain itu, terlihat jelas metode pengujian yang digunakan yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI) di mana hasil pengujian yang diperoleh memenuhi spesifikasi yang disyaratkan sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengikat dalam penelitian ini.

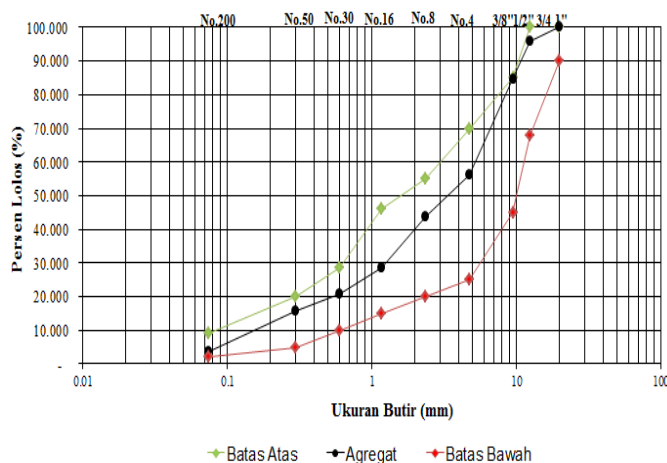
Tabel 6. Karakteristik aspal emulsi CSS-1h EA-60

Jenis pengujian	Metode pengujian	Hasil pengujian	Spesifikasi	Satuan
Kekentalan Saybolt Furol pada 25°C	SNI 03-6721-2002	39	20-100	Detik
Stabilitas Penyimpanan 24 jam	SNI 03-6828-2002	0.6	Maks.1	%
Muatan Listrik Partikel	SNI 03-2644-1994	Positif	Positif	-
Analisa Saringan Tertahan no. 20	SNI 03-3843-1994	0	Maks. 0.1	% Lolos
Penyulingan	SNI 03-3642-1994			
• Kadar Air		36.65	-	%
• Kadar Minyak		2.0	-	%
• Kadar Residu		62.35	-	%
Penetrasi Residu	SNI 06-2456-1991	101	Min. 57	0.1 mm
Daktilitas Residu	SNI 06-2432-1991	103	Min. 43	Cm
Kelarutan Residu dalam C ₂ HCl ₃	SNI 06-2438-1991	99.4	Min. 97.5	%

Penentuan Gradasi Campuran

Gradasi agregat gabungan diperlihatkan pada Gambar 1. Perbandingan komposisi agregat antara agregat kasar batu pecah 1-2 cm, agregat kasar batu pecah 0,5-1 cm dan abu batu adalah 19% : 54% : 27% terhadap komposisi agregat, proporsi agregat gabungan yang telah diperoleh tersebut di sesuaikan dengan nilai interval spesifikasi Direktorat Bina Marga 2010. Rancangan agregat gabungan berada di antara ambang atas dan ambang bawah dalam interval spesifikasi Direktorat Bina Marga untuk bahan jalan sehingga diperoleh campuran yang optimal.

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa proporsi agregat gabungan yang direncanakan berada dalam interval spesifikasi Bina Marga Pemanfaatan Asbuton Buku 5 (Campuran Beraspal Dingin dengan Asbuton Butir Peremaja Emulsi) untuk bahan jalan sehingga dapat diperoleh campuran yang optimal.



Hasil Pengujian Campuran AC-BC Menggunakan Aspal Emulsi Jenis CSS-1h Sebagai Bahan Pengikat Dengan Metode Marshall

Pengujian dengan masing-masing variasi kandungan kadar aspal emulsi menggunakan pemadat *Marshall* dengan jumlah tumbukan 75 kali untuk masing-masing bidang. Parameter yang didapatkan yaitu stabilitas dan kelenturan atau kelelahan (*flow*) yang menunjukkan ukuran ketahanan suatu benda uji dalam menerima beban diperoleh dari hasil analisis terhadap pengujian *Marshall*. Selain itu, nilai volumetrik yang terdiri rongga di antara agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFB), dan rongga dalam campuran (VIM) juga merupakan karakteristik *Marshall*. Tabel 7 memperlihatkan hasil pengujian karakteristik *Marshall*.

Tabel 7. Hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk seluruh parameter

No	Kadar aspal emulsi	VMA	VIM	VFB	Stabilitas	Flow	MQ
1	4.50	21.49	12.39	42.37	732	2.98	245
2	5.00	21.36	11.18	47.81	806	3.40	237
3	5.50	17.94	6.19	65.86	1,558	3.70	421
4	6.00	17.73	4.82	72.84	2,131	3.90	546
5	6.50	17.44	3.33	81.10	1,986	4.13	480

Nilai stabilitas yang diperoleh belum memenuhi semua spesifikasi yang ditetapkan oleh Spesifikasi 2010 Revisi 3, Bina Marga, yaitu sebesar ≥ 800 kg. Nilai stabilitas terendah yaitu pada campuran dengan kadar aspal emulsi 4,5%, dengan nilai stabilitas 732 kg dan nilai stabilitas tertinggi pada campuran dengan kadar aspal emulsi 6% dengan nilai stabilitas 2131 kg. Campuran dengan kandungan kadar aspal emulsi 6,5% memiliki nilai stabilitas 1986 kg dan campuran dengan kandungan kadar aspal emulsi 5% dengan nilai stabilitas 806 kg dan campuran dengan kadar aspal emulsi 5,5% memiliki nilai stabilitas terbesar yaitu sebesar 1558 kg. Dengan demikian, dapat kita ketahui bahwa kandungan kadar aspal emulsi optimum berada di antara kandungan kadar aspal emulsi 6% dan 6,5%. Selain dari parameter stabilitas, parameter yang lainnya juga seperti *flow*, *Marshall quotient* (MQ), VIM, VMA dan VFB yang merupakan parameter volumetrik diketahui untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) menggunakan batu pecah yang berasal dari *Quarry* yang ada di Jayapura sebagai agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dalam penelitian ini.

Rendahnya stabilitas campuran aspal emulsi dikarenakan *flow* yang terjadi besar dan agregat yang terselimuti lebih tebal dan pada akhirnya akan mengurangi daya ikat antar agregat dalam campuran pada saat dibebani. Berkurangnya ikatan antar agregat akan mengurangi stabilitas campuran, namun bertambahnya rongga antar campuran dapat menyebabkan nilai stabilitas menurun. Nilai stabilitas menunjukkan kekuatan dan ketahanan campuran beton aspal terhadap terjadinya perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur (*rutting*) maupun *bleeding*. Semakin rendah nilai stabilitas campuran, menunjukkan semakin rendahnya kinerja campuran dalam memikul beban roda kendaraan.

Nilai *flow* yang diperoleh belum memenuhi semua spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga, yaitu 2 mm sampai 4 mm. Nilai *flow* terendah yaitu pada campuran dengan kadar aspal emulsi 4,5%, dengan nilai *flow* 2,98 mm dan nilai *flow* tertinggi pada campuran dengan kadar aspal emulsi 6,5% dengan nilai *flow* 4,13 mm. Campuran dengan kandungan kadar aspal emulsi 6% memiliki nilai *flow* 3,90 mm yang relatif lebih besar dibanding campuran dengan kandungan aspal emulsi 5,5% dengan nilai *flow* 3,70 mm dan campuran dengan kandungan kadar aspal emulsi 5% dengan nilai *flow* 3,40 mm. Bertambahnya rongga antar campuran dan penggunaan kandungan kadar aspal emulsi yang tinggi dapat menyebabkan nilai kelelahan plastis (*flow*) meningkat.



Nilai *Marshall quotient* yang diperoleh tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga, yaitu minimal 250 kg/mm. Nilai *Marshall quotient* terendah yaitu pada campuran dengan kadar kandungan aspal emulsi 5,0% sebesar 237 kg/mm, dan nilai *Marshall quotient* tertinggi pada campuran dengan kadar kandungan aspal emulsi 6,0% sebesar 546 kg/mm. Campuran dengan kandungan kadar aspal emulsi 6,5% memiliki nilai *Marshall quotient* 480 kg/mm yang sama dengan kandungan aspal emulsi 6% dengan nilai *Marshall quotient* 480 kg/mm dan campuran dengan kandungan kadar aspal emulsi 4,50% dengan nilai *Marshall quotient* 245 kg/mm.

Rendahnya nilai *Marshall quotient* campuran aspal emulsi dikarenakan stabilitas yang terjadi kecil serta *flow* yang besar dan agregat yang terselimuti lebih tebal dan pada akhirnya akan mengurangi daya ikat antar agregat dalam campuran pada saat dibebani. Berkurangnya ikatan antar agregat akan mengurangi stabilitas campuran yang mengarah pada nilai *flow* yang naik. Berdasarkan nilai *Marshall quotient* yang didapatkan maka campuran aspal emulsi dapat digunakan untuk perkerasan lentur (*flexible pavement*) pada kadar aspal emulsi 5,5%, 6,0% dan 6,5%, namun selain dari parameter stabilitas (stabilitas, *flow* dan *Marshall quotient*) yang didapatkan perlu juga diperhatikan parameter volumetrik (VIM, VMA dan VFB) untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO).

Hubungan antara kadar aspal emulsi dengan nilai VIM. Nilai VIM yang diprasyarkan oleh Spesifikasi Umum 2010, revisi 3 adalah sebesar 3% sampai dengan 5%. Terlihat pada kadar aspal emulsi 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5% nilai VIM (*Void in Mix*) masing-masing adalah sebesar 12,39%, 11,18%, 6,19%, 4,82%, 3,33%. Berdasarkan nilai VIM yang diperoleh terlihat bahwa nilai VIM yang memenuhi spesifikasi 2010, Revisi 3 adalah pada kadar aspal emulsi yaitu sebesar 6,0% dan 6,50% sedangkan kadar aspal emulsi 4,5%, 5,0% dan 5,5% tidak memenuhi spesifikasi 2010, Revisi 3.

Spesifikasi umum 2010, Revisi 3, Divisi 6 tentang Perkerasan Aspal mensyaratkan bahwa nilai VMA dalam campuran beraspal adalah minimal 15%, di mana nilai VMA pada kadar aspal emulsi 4,5% adalah sebesar 21,49% yang relatif lebih besar dibandingkan dengan nilai VMA pada kadar aspal emulsi 5,0% sebesar 21,36%. Sedangkan pada kadar aspal emulsi 5,5%, 6% dan 6,5% masing-masing nilai VMA adalah sebesar 17,94%, 17,73%, 17,44% dan 17,33%. Oleh karena itu, seuruh kadar aspal emulsi yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi spesifikasi yang diprasyarkan oleh Spesifikasi umum 2010, Revisi 3, Divisi 6 tentang Perkerasan Aspal.

Berdasarkan Spesifikasi umum 2010, Revisi 3, Divisi 6 tentang Perkerasan Aspal, persyaratan VFB dalam campuran beraspal adalah minimal 65%. Hasil pengujian volumetrik campuran beraspal menggunakan batu pecah sebagai agregat dan aspal emulsi sebagai bahan pengikat berupa parameter VFB memperlihatkan nilai sebesar 42,37%, 47,81%, 65,86%, 72,84%, 81,10%, 88,42% untuk masing-masing kadar aspal emulsi yaitu 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% . Oleh karena itu, semua kadar aspal emulsi yang digunakan memenuhi Spesifikasi umum 2010, Revisi 3, Divisi 6 tentang Perkerasan Aspal kecuali pada kadar aspal emulsi 4,5% dan 5,0%. Analisis penentuan kadar aspal optimum menggunakan Buku 5 Bina Marga adalah ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisa penentuan Kadar Aspal Optimum

Stabilitas	4.5	5	5.5	6	6.5
VIM					
VMA					

$$\text{Kadar Aspal Optimum (KAO)} = \frac{5+6}{2} = 5,5\%$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka diperoleh kesimpulan bahwa :

- Berdasarkan hubungan antara kandungan kadar aspal emulsi dan seluruh parameter Marshall dan volumetrik didapatkan kadar optimum residu aspal emulsi adalah sebesar 5,5%.

- Berdasarkan hubungan antara kandungan kadar aspal emulsi dan nilai stabilitas didapatkan kandungan kadar aspal optimum berada pada kadar 5,5%. Nilai hasil pengujian ini sesuai dengan spesifikasi penentuan kadar aspal efektif oleh Departemen Pekerjaan Umum tahun 2006.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO T 245-97 (ASTM D 1559-76). *Resistance Plastic of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus*. American Society for Testing and Materials.
- A. James. 2006. *Overview of Asphalt Emulsion*. Transportation Research Circular Number E-C102. Washington: Transportation Research Board of National Academies.
- AkzoNobel. *Bitumen Emulsion*. Technical Bulletin. AkzoNobel.
- Annual Book of ASTM Standards, Section 4, volume 04.03, *Road and Paving Materials; Pavement Management Technologies*, (1994).
- Anonim, 1991. SNI 06-2489-1991, Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall, Badan Standar Nasional Jakarta.
- Anonim, 2011. SNI 4798:2011, Spesifikasi Aspal Emulsi Kationik, Badan Standar Nasional Jakarta.
- ASTM D2397. 2012. *Standard Specification for Cationic Emulsified Asphalt*. American Society for Testing and Materials.
- ASTM D977. 1998. *Standard Specification For Emulsified Asphalt*. American Society for Testing and Materials.
- Illyin A B, (2012). Produksi Aspal Dari Asbuton dengan Ekstraksi menggunakan Asam Asetat.
- Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas Buku 1, 2006, Departemen Pekerjaan Umum.
- Pedoman Pembuatan Aspal Emulsi Jenis Kationik, No. 024/T/BM/1999, Lampiran No. 2 Keputusan Direktur Jenderal Bina Marga N0. 76/KPTS/Db/1999 Tanggal 20 Desember 1999, Departemen Pekerjaan Umum.
- Pedoman Pemanfaatan Asbuton Buku 1, 2006, Departemen Pekerjaan Umum.
- Ridwan Hadi Rianto, (2007). Pengaruh Abu Sekam Sebagai Bahan Filler Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR).
- Rosalina dan Mulizar, (2013). Penelitian Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat.
- Shell Bitumen, *The Shell Bitumen Hand Book*, Shell Bitumen, Nottingham, 1990.
- Nyoman Suaryana, (2008). Penelitian Pemanfaatan Asbuton Butir di Kolaka Sulawesi Tenggara-Indonesia.
- Transportation Research, Number E-C 102, (2006). *Asphalt Emulsion Technology*.