



Karakteristik Campuran Ac-Wc Menggunakan Material Reclaimed Asphalt Pavement Dengan Tambahan Aspal Pen. 60/70 Yang Disubstitusi Styrofoam

Hendra Arianto^{a,*}, Sofyan M. Saleh^b, Renni Anggraini^c

^aMagister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

^{b,c}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*Corresponding author, email address: hendraarianto72@yahoo.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received 09 March 2019 Revised 08 May 2019 Accepted 14 May 2019 Keywords: AC-WC Mixture RAP Material Styrofoam	Reuse of reclaimed asphalt pavement material (RAP) is an alternative which applicated for potential enough on the roughness of the road. RAP material can be reused by adding the asphalt and the new aggregate according to the mixture composition so that it is expected will be obtained the quality as planned. One of the efforts made in improving the quality of asphalt mixture RAP material is using a modified asphalt with additional material, such as styrofoam. The use of styrofoam into the asphalt is expected to improve the technical properties of a mixture. The purpose of this study is to know the comparative characteristics of hot mix asphalt (asphalt concrete) type AC-WC that uses RAP material with additional asphalt pen. 60/70 and asphalt pen. 60/70 substitution in the styrofoam by 8%, 10% and 12% against the weight of asphalt based on levels of asphalt left on the material. The initial stages of this study are to examine the physical properties of RAP material, then manufacturing a specimen with variations of the addition of asphalt and aggregate new levels based on the job mix design (JMD) Bina Marga Aceh (2013). Based on research results, parameter values marshall on all types of asphalt mixture with new aggregate as well as RAP materials and the use of 100% asphalt pen. 60/70 additional or different types of asphalt on OAC has fulfilled the technical specifications defined by the Bina Marga (2014). Best stability values obtained on asphalt mixture using RAP material with additional asphalt pen. 60/70 with 12% styrofoam substitution on OAC JMD Bina Marga Aceh, that amounted to 3,308.72 kg, the lowest value stability retrieved on asphalt mixture using a new aggregate based on the results of Department of Bina Marga Aceh on OAC i.e. of 983.94 kg.

©2019 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Pemeliharaan berkala yang dalam proses pelaksanaannya menggunakan *Cold Milling Machine* dengan pengupasan permukaan jalan eksisting yang kurang rata merupakan salah satu metode penanganan kerusakan jalan, tetapi hasil kupasan lapis permukaan beraspal, atau lebih dikenal dengan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) tersebut belum dimanfaatkan dengan baik.

Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari penerapan teknologi alternatif *recycling* diantaranya adalah penghematan material, mempertahankan elevasi permukaan aspal yang sudah ada, mengurangi kerusakan lingkungan dan tidak menambah beban mati pada konstruksi jalan.

Pengolahan kembali material tersebut menjadi bahan pelapisan permukaan campuran perkerasan aspal baru *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) membutuhkan proses pengujian RAP dan aspal untuk mendapatkan kekuatan lapisan yang mempunyai nilai lebih dari kinerja fungsional jalan. Proporsi yang tepat diperlukan dalam pengujian laboratorium untuk menentukan komposisi aspal dan agregat yang cocok dan memiliki kekuatan dalam campuran. Semua pengujian campuran dirancang menggunakan prosedur khusus yang ditentukan dalam Spesifikasi Umum Dinas Bina Marga, untuk menjamin bahwa rancangan yang berkenaan dengan kadar aspal yang sesuai, rongga udara yang cukup, stabilitas yang

tinggi, mempunyai kelenturan apabila mendapat beban dari lalu lintas yang melaluinya dan memiliki keawetan tinggi terhadap pengaruh rendaman air sekaligus cuaca.

Penelitian mengenai aspal serta campurannya sudah banyak dilakukan, diantaranya adalah aspal retona blend 55 dan aspal modifikasi polimer. Veranita (2010) menyebutkan aspal retona blend 55 merupakan aspal modifikasi hasil perpaduan atau gabungan antara aspal beton dengan fraksi aspal asbuton semi-ekstraksi dengan kadar tertentu pada suhu 155 °C. Sedangkan aspal modifikasi polimer adalah aspal yang sengaja dibuat dengan bahan tambahan didalamnya terdapat molekul-molekul monomer. Aspal jenis ini sulit dijumpai dan bila ada harganya sangat mahal. Salah satu alternatif penanggulangan langkanya aspal modifikasi ini adalah dengan pemanfaatan bahan-bahan lain yang dapat dijadikan sebagai bahan tambah, diantaranya adalah pemanfaatan bahan sisa/limbah antara lain adalah bahan *styrofoam*.

Styrofoam atau plastik busa merupakan salah satu jenis plastik dari sekian banyak bahan lainnya. Mashuri (2010) melaporkan hasil penelitian tentang karakteristik aspal sebagai bahan pengikat yang ditambahkan 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14% dan 16% *styrofoam*. Kadar *styrofoam* yang masih memenuhi spesifikasi penetrasi aspal polimer, 50-70 adalah hingga 8% yaitu sebesar 52,5 mm, nilai titik lembek akan meningkat dengan meningkatnya kadar *styrofoam* dalam aspal. Pada penelitian ini digunakan variasi kadar *styrofoam* sebesar 8%, 10% dan 12%. Berdasarkan data sekunder yang dilakukan oleh Mashuri (2010), nilai penetrasi aspal pen. 60/70 yang di substitusi dengan ketiga kadar tersebut mendekati syarat penetrasi pada aspal retona blend 55 yaitu 52,5 mm, 47,3 mm dan 43,9 mm sedangkan syarat penetrasi aspal retona blend 55 yaitu 40 - 55 mm.

Berdasarkan latar belakang di atas maka dilakukan penelitian menggunakan material RAP yang berasal dari kupasan lapisan AC-WC pada Jalan Banda Aceh-Medan. Gradasi dan kadar aspal yang digunakan merupakan hasil dari *job mix design* (JMD) yang dilakukan oleh Dinas Bina Marga Provinsi Aceh tahun 2013. Penelitian ini diharapkan dapat memperoleh hasil sebagai acuan pelaksanaan dalam membuat rancangan campuran beton aspal jenis *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dari RAP ditambah dengan aspal pen. 60/70 yang ditambah limbah *styrofoam* sehingga memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 3 dalam campuran aspal.

2. KAJIAN PUSTAKA

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

RAP adalah material perkerasan yang mengandung aspal dan agregat yang sudah dibongkar dan tidak digunakan lagi (*Asphalt Institute*, 1986). Untuk penghematan bahan dan energi maka daur ulang (*recycling*) menjadi suatu pilihan yang menarik untuk merehabilitasi perkerasan.

Lapisan Aspal Beton (Laston)

Laston adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang berat (Sukirman, 2003). Berdasarkan fungsinya, Laston terdiri dari tiga macam campuran, yaitu Laston lapis aus (AC-WC), Laston lapis pengikat (AC-BC) dan Laston lapis pondasi (AC-Base).

Ketentuan mengenai sifat-sifat dari campuran Laston (AC) dan Laston (AC-Mod) dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Ketentuan Sifat-sifat Laston (AC) dan Laston Modifikasi (AC-Mod)

Sifat-sifat Campuran	Laston (AC)		Laston (AC –Mod)	
	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Density (gr/cm ³)	2	-	2	-
VIM (%)	3,0	5,0	3,0	5,0
VMA (%)	15	-	15	-
VFA (%)	65	-	65	-
Stabilitas Marshall (kg)	800	-	1000	-
Flow (mm)	2	4	2	4
Marshall Quotient (kg/mm)	250	-	300	-
Stabilitas Marshall sisa(%)	90	-	90	-

Sumber: Bina Marga(2014)

Agregat

Agregat didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. Agregat merupakan komponen utama dari perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% berdasarkan persentase volume. (Sukirman, 2003).

Rincian gradasi agregat untuk campuran AC-WC sesuai spesifikasi teknis Bina Marga (2014) adalah seperti pada Tabel 3 di bawah ini:

Tabel 2. Spesifikasi Gradasi Agregat Laston Lapis Aus (AC-WC)

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos
ASTM	(mm)	AC-WC
3/4"	19	100
1/2"	12,5	90-100
3/8"	9,5	72-90
No. 4	4,75	54-69
No.8	2,36	39,1-53
No. 16	1,18	31,6-40
No. 30	0,6	23,1-30
No. 50	0,3	15,5-22
No. 100	0,15	9-15
No. 200	0,075	4-10

Sumber: Bina Marga (2014)

Aspal

Menurut Sukirman (2003), aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat dan bersifat termoplastis. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% dari berat campuran atau 10-15% berdasarkan volume.

Aspal Modifikasi Polimer

Aspal modifikasi polimer adalah suatu material yang dihasilkan dari modifikasi antara polimer alam atau polimer sintesis dengan aspal. Umumnya dengan sedikit penambahan bahan polimer (biasanya sekitar 2-6%) sudah dapat meningkatkan hasil ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi, mengatasi keretakan-keretakan, dan meningkatkan ketahanan usang dari kerusakan akibat umur sehingga dihasilkan pembangunan jalan lebih tahan lama serta juga dapat mengurangi biaya perawatan atau perbaikan jalan (Polacco, 2005).

Polystyrene (PS)

PS merupakan bahan plastik yang memiliki sifat khusus dengan struktur yang tersusun dari butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan dan terdapat ruang antar butiran yang berisi udara yang tidak dapat menghantar panas sehingga hal ini membuatnya menjadi insulator panas yang sangat baik (Ditwas Produk & Bahan Bahaya, 2008).

3. METODE PENELITIAN

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat baru, agregat bekas dan aspal serta pengujian ekstraksi material RAP untuk mengetahui komposisi yang terdapat di dalam campuran aspal tersebut. Setelah semua hasil dari pemeriksaan sifat-sifat fisis material dan sesuai dengan spesifikasi, maka dilakukan perencanaan pembuatan benda uji dan pengujian Marshall.

Pengujian material agregat

Agregat baru yang digunakan adalah batu kali yang dipecah dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*) yang berasal dari Alue Ie Puteh, Kabupaten Aceh Utara, sedangkan agregat bekas yang digunakan merupakan hasil ekstraksi dari kupasan lapisan aspal yang berada di daerah Landeng, Aceh utara.

Pemeriksaan sifat fisis agregat yang dilakukan meliputi : berat jenis dan penyerapan, berat isi, kepipihan dan kelonjongan, kekerasan, keausan dan kelekatan terhadap aspal.

Pengujian material aspal

Aspal terlebih dahulu diperiksa sifat-sifat fisisnya sebelum digunakan. Aspal yang dipakai dalam penelitian ini yaitu aspal keras penetrasi 60/70, aspal penetrasi 60/70 yang di substitusi *styrofoam* sebesar 8%, 10% dan 12% serta aspal retona blend 55. Sifat fisis aspal yang di substitusi *styrofoam* menggunakan data sekunder berdasarkan hasil penelitian yang di lakukan oleh Mashuri (2010).

Pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal pada penelitian ini meliputi berat jenis, penetrasi, daktilitas dan titik lembek.

Perencanaan Campuran Aspal Beton

Perencanaan campuran dilaksanakan berdasarkan *job mix design* (JMD) campuran aspal exsisting berdasarkan gradasi yang diperlihatkan pada Tabel 3, dimana KAO yang diperoleh sebesar 5,80%.

Agregat yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat baru sebagai benda uji pembanding untuk mendapatkan KAO baru serta penambahan aspal berdasarkan kadar aspal sisa pada material RAP dengan menggunakan aspal pen 60/70 dan aspal pen 60/70 yang di substitusi *styrofoam* sebesar 8%, 10% dan 12% berdasarkan nilai KAO JMD. Untuk mendapatkan nilai karakteristik campuran aspal digunakan perencanaan dengan metode Marshall.

Penelitian ini terlebih dahulu dilakukan dengan mengekstraksi material RAP. Material RAP yang sudah di ekstraksi, kemudian dilakukan analisa saringan untuk mengetahui gradasi agregat yang tersisa untuk selanjutnya dilakukan penyesuaian gradasi berdasarkan gradasi rencana dengan menambahkan agregat baru sesuai dengan ukuran masing-masing saringan yang dibutuhkan. Sedangkan kadar aspal sisa hasil ekstraksi dapat diketahui persentasenya untuk selanjutnya dilakukan penambahan kadar aspal berdasarkan kadar aspal JMD. Sebagai pembanding dilakukan juga pembuatan benda uji menggunakan agregat baru dengan bahan pengikat aspal pen. 60/70 untuk membandingkan nilai KAO yang diperoleh dari hasil penelitian dan nilai KAO JMD Dinas Bina Marga Aceh.

Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

Benda uji campuran AC-WC yang dibuat pada penelitian terdiri dari tiga kelompok yaitu:

1. Benda uji campuran aspal menggunakan agregat baru dengan aspal pen. 60/70 untuk mendapatkan KAO;
2. Benda uji untuk campuran aspal baru dan material RAP dengan penambahan variasi jenis aspal rendaman 30 menit pada KAO;
3. Benda uji untuk campuran aspal baru dan material RAP dengan penambahan variasi jenis aspal rendaman 24 jam untuk nilai durabilitas

Setelah pembuatan benda uji selesai dilakukan, maka dilanjutkan dengan pengujian-pengujian Marshall sehingga diperoleh data untuk mengetahui karakteristik campuran AC-WC menggunakan aspal pen. 60/70 dan aspal pen. 60/70 yang di substitusi *styrofoam* menggunakan agregat baru dan material RAP

Banyaknya benda uji untuk mengetahui sifat-sifat campuran dan penentuan KAO dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Benda Uji untuk Menentukan KAO Rendaman 30 Menit

Kadar Aspal	Kode Benda Uji	Jumlah
4,5%	A ₁₁ , A ₁₂ , A ₁₃	3 buah
5,0%	A ₂₁ , A ₂₂ , A ₂₃	3 buah
5,5%	A ₃₁ , A ₃₂ , A ₃₃	3 buah
6,0%	A ₄₁ , A ₄₂ , A ₄₃	3 buah
6,5%	A ₅₁ , A ₅₂ , A ₅₃	3 buah
Jumlah		15 Buah

Setelah didapat KAO, selanjutnya dibuat benda uji pada KAO sebagai benda uji pembanding untuk dibandingkan dengan benda uji material RAP yang ditambahkan variasi jenis aspal berdasarkan kadar aspal sisa pada material RAP.

Jumlah benda uji pada KAO dan benda uji material RAP yang ditambahkan variasi jenis aspal rendaman 30 menit dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Jumlah Benda Uji untuk Campuran Aspal Baru dan Benda Uji Material RAP dengan Penambahan Variasi Jenis Aspal

Variasi Jenis Aspal	Jumlah Benda Uji Rendaman 30 Menit
KAO _{Baru}	3 Buah
KAO _{JMD} + Pen. 60/70	3 Buah
KAO _{JMD} + Pen. 60/70 + 8% <i>Styrofoam</i>	3 Buah
KAO _{JMD} + Pen. 60/70 + 10% <i>Styrofoam</i>	3 Buah
KAO _{JMD} + Pen. 60/70 + 12% <i>Styrofoam</i>	3 Buah
18 Buah	

Total benda uji keseluruhan yang direncanakan dalam penelitian ini adalah sebagaimana disajikan pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Rekapitulasi Rancangan Jumlah Benda Uji Keseluruhan

Uraian Jenis Benda Uji	Jumlah
Benda Uji Campuran Aspal Menggunakan Agregat Baru dengan Aspal Pen. 60/70 untuk	15 buah
Benda Uji untuk Campuran Aspal Baru dan Material RAP dengan Penambahan Variasi Jenis	15 buah
30 buah	

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat baru maupun agregat bekas disajikan pada Tabel 9 dan Tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Agregat Baru

Sifat-sifat Fisis yang diperiksa	Satuan	Hasil Agregat Baru	Hasil Agregat Bekas	Syarat
Berat Jenis	-	2,698	2,630	Min. 2,5
Penyerapan	%	1,237	1,039	Maks. 3
Berat Isi	kg/dm ³	1,580	1,510	Min. 1
Indeks Kepipihan	%	17,18	18,53	Maks. 10
Indeks	%	15,38	16,73	Maks. 10
<i>Impact</i>	%	11,35	13,75	Maks. 30
Keausan	%	20,95	25,62	Maks. 40
Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	%	98	97	Min. 95

Dari hasil penelitian, sifat-sifat fisis agregat yang digunakan telah memenuhi syarat, kecuali nilai indeks kepipihan dan kelongkongan yang berada diatas 10%, akan tetapi di dalam spesifikasi terdapat ketentuan yang menyatakan apabila terdapat ketidaksesuaian, nilai tersebut dapat ditolerir, apabila agregat memenuhi semua ketentuan lainnya, terutama hasil dari pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles* dan hasil pengujian *impact* telah memenuhi syarat.

Hasil pemeriksaan aspal penetrasi 60/70

Data hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal pen. 60/70 memperlihatkan bahwa aspal tersebut dapat digunakan karena memenuhi persyaratan. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal tersebut disajikan pada Tabel 7 di bawah ini:

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Aspal Pen. 60/70

Sifat Fisis	Satuan	Hasil	Syarat
Berat Jenis	-	1,020	≥ 1
Penetrasi	(mm)	63,89	60 - 70
Titik Lembek	°C	48,00	≥ 48
Daktilitas	Cm	120,00	≥ 100

Hasil pengujian ekstraksi material RAP

Berdasarkan hasil pengujian ekstraksi material RAP, diperoleh bahwa kadar aspal yang terdapat di dalam campuran sebesar 5,20% sedangkan gradasi agregat yang dihasilkan masih berada di dalam range spesifikasi Dinas Bina Marga (2012). Jika di lihat dari kadar aspal, maka kadar aspal yang terdapat di dalam material RAP tersebut tidak sesuai dengan JMD yang diperoleh dari Dinas Bina Marga Aceh yaitu sebesar 5,80%, sehingga dibutuhkan aspal tambahan sebesar 0,60% dari berat total campuran agar kembali sesuai dengan JMD tersebut.

Hasil Pengujian Marshall dengan Agregat Baru untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal Optimum (KAO) yang diperoleh dengan menggunakan agregat baru dari quarry yang sama dengan material RAP yang memenuhi semua persyaratan parameter Marshall untuk campuran AC-WC adalah sebesar 5,90%. Terdapat selisih sebesar 0,10% dibandingkan dengan KAO JMD Dinas Bina Marga Aceh, dimana KAO JMD Dinas Bina Marga Aceh sebesar 5,80%. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan berat jenis dari aspal, dimana aspal yang digunakan untuk campuran dengan agregat baru memiliki nilai berat jenis yang lebih kecil dibandingkan dengan aspal material RAP, sehingga dibutuhkan aspal yang lebih banyak di dalam campuran agar menghasilkan ikatan antar agregat dan aspal yang baik pada campuran tersebut.

Rekapitulasi hasil pengujian Marshall untuk penentuan KAO campuran AC-WC disajikan pada Tabel 8 di bawah ini:

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Kadar Aspal Pen. 60/70

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi Dept. PU (2014)
	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	
Density (gr/cm ³)	2,33	2,34	2,34	2,36	2,39	-
VIM (%)	7,17	6,16	5,26	3,93	2,19	3 - 5
VMA (%)	23,14	23,35	23,68	23,35	23,04	Min. 15
VFA (%)	69,01	73,64	77,79	83,16	90,51	Min. 65
Stabilitas (kg)	1073,49	1178,23	1086,98	995,74	968,50	Min. 800
Flow (mm)	3,43	3,27	3,40	3,77	3,93	2 - 4
MQ (kg/mm)	355,97	359,67	321,90	263,87	246,41	Min. 250

Hasil Pengujian Marshall Dinas Bina Marga Aceh dan Laboratorium Jalan Raya Unsyiah pada KAO

Rekapitulasi hasil pengujian Marshall Dinas Bina Marga Aceh dan hasil pengujian Marshall pada Laboratorium Jalan Raya Unsyiah dengan menggunakan agregat baru dari quarry yang sama dengan material RAP pada KAO disajikan pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall pada KAO

Karakteristik Campuran	KAO BM Aceh 5,80%	KAO Lab. Unsyiah 5,90%	Spesifikasi Dept. PU (2014)
<i>Density</i>	2,35	2,35	-
VIM (%)	4,26	4,15	3 - 5
VMA (%)	15,46	23,46	Min. 15
VFA (%)	72,44	82,38	Min. 65
Stabilitas (kg)	983,94	1054,82	Min. 1000
<i>Flow</i> (mm)	3,38	3,59	2 - 4
<i>MQ</i> (kg/mm)	292,99	290,47	Min. 300

Hasil Pengujian Marshall Material RAP dengan Penambahan Variasi Jenis Aspal Berdasarkan KAO JMD Bina Marga Aceh

Hasil pengujian parameter Marshall dengan penambahan variasi jenis aspal yaitu aspal pen. 60/70, aspal pen. 60/70 yang di substitusi *styrofoam* sebesar 8%, 10% dan 12% untuk campuran AC-WC disajikan bawah ini. Penambahan kadar aspal di dalam campuran yaitu sebesar 0,60% dari berat total campuran, hal ini di dasari oleh kadar aspal yang tersisa di dalam material RAP yaitu sebesar 5,20%; sedangkan KAO JMD Dinas Bina Marga Aceh sebesar 5,80%; sehingga penambahan tersebut dimaksudkan untuk mengembalikan kadar aspal di dalam campuran berdasarkan KAO rencana.

Rekapitulasi hasil pengujian Marshall untuk penambahan variasi jenis aspal berdasarkan KAO JMD Dinas Bina Marga Aceh disajikan di Tabel 10 berikut:

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall dengan Penambahan Variasi Jenis Aspal berdasarkan KAO JMD Dinas Bina Marga Aceh

No.	Karakteristik Campuran	Penambahan Variasi Kadar Aspal Berdasarkan KAO JMD Dinas Bina Marga Aceh (0,60%)				Spesifikasi Bina Marga 2014
		AP	AP+S8	AP+S10	AP+S12	
1.	Kepadatan	2,31	2,34	2,33	2,32	-
2.	VIM (%)	4,84	3,74	4,21	4,36	3 - 5
3.	VMA (%)	21,09	20,18	20,57	20,69	Min. 15
4.	VFA (%)	77,09	81,45	79,52	78,94	Min. 65
5.	Stabilitas (Kg)	3134,31	2794,85	3236,15	3308,72	Min. 1000
6.	<i>Flow</i> (mm)	3,03	3,43	2,93	2,70	2 - 4
7.	<i>MQ</i> (Kg/m ³)	1038,39	825,44	1141,09	1282,69	Min. 300

Pembahasan Hasil Pengujian Marshall dengan Agregat Baru dan Bekas serta Penambahan Variasi Jenis Aspal pada KAO Baru dan KAO JMD

Nilai *density* pada semua variasi jenis campuran aspal telah memenuhi persyaratan yaitu $\geq 2 \text{ gr/cm}^3$. Nilai *density* terbesar diperoleh pada campuran aspal dengan menggunakan agregat baru. Besarnya nilai *density* pada campuran tersebut disebabkan karena aspal dapat mengisi rongga-rongga di dalam campuran dengan baik, selain itu aspal yang digunakan merupakan aspal baru yang masih memiliki nilai daktilitas dan titik lembek yang lebih tinggi dibandingkan aspal yang pada RAP.

Nilai VIM pada semua variasi jenis campuran aspal telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh Bina Marga (2014) yaitu berkisar antara 3,0 s.d. 5,0%. Nilai VIM terbesar diperoleh pada campuran aspal menggunakan material RAP dengan penambahan aspal pen. 60/70 sebesar 0,60% yaitu sebesar 4,84%. Besarnya nilai VIM pada campuran tersebut disebabkan karena rendahnya nilai *density* pada campuran dan sulitnya material RAP dipadatkan karena aspal yang tersisa di dalam material RAP telah mengalami penuaan sehingga tidak mampu menghasilkan daya lekat yang baik antara aspal dan butiran agregat.

Nilai VMA pada semua variasi jenis dan kadar aspal baik campuran dengan menggunakan agregat baru maupun material RAP dengan tambahan aspal maupun aspal murni telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan, yaitu lebih besar dari 15%. Nilai VMA tertinggi terdapat pada campuran dengan menggunakan agregat baru pada KAO 5,90% yaitu sebesar 23,46%, sedangkan nilai VMA terendah terdapat pada kadar aspal 5,80% berdasarkan JMD Bina Marga Aceh yaitu 15,46%, sedangkan nilai VMA campuran AC-WC dengan menggunakan material RAP tidak mengalami perubahan yang signifikan dari semua jenis tambahan aspal yang digunakan ke dalam campuran.

Nilai VFA tertinggi diperoleh pada campuran dengan menggunakan agregat baru yaitu pada KAO 5,90%. Hal ini disebabkan karena penggunaan agregat baru dapat lebih memudahkan aspal menyelimuti butiran agregat dan mengisi ruang-ruang antar pori agregat, selain itu nilai KAO pada campuran aspal dengan agregat baru juga lebih besar dibandingkan KAO Dinas Bina Marga Aceh, semakin besar aspal dalam campuran menyebabkan nilai VFA semakin tinggi. Nilai VFA menggunakan material RAP cenderung tidak mengalami perbedaan yang signifikan dari semua jenis tambahan aspal, hal ini dikarenakan variasi jenis aspal yang ditambahkan ke dalam campuran AC-WC tidak terlalu besar sehingga tidak terlalu berpengaruh terhadap daya isi aspal ke dalam campuran.

Nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada campuran menggunakan material RAP dengan tambahan aspal pen. 60/70 yang disubstitusi *styrofoam* sebesar 12% yaitu sebesar 3.308,72 kg, sedangkan nilai stabilitas terendah diperoleh pada campuran aspal berdasarkan JMD Dinas Bina Marga Aceh yaitu sebesar 983,94 kg. Nilai stabilitas pada campuran dengan menggunakan agregat baru berdasarkan hasil penelitian pada Lab. Jalan Raya Unsyiah cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan nilai stabilitas JMD Bina Marga Aceh yaitu sebesar 1.054,52 kg. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan nilai kadar aspal pada campuran, dimana kadar aspal pada campuran Lab. Jalan Raya lebih besar sehingga aspal tersebut dapat mengisi rongga-rongga yang terdapat di dalam campuran dengan baik sehingga menghasilkan daya ikat yang baik pula antara aspal dan agregat, yang berakibat pada meningkatnya nilai stabilitas.

Nilai *flow* pada campuran AC-WC berdasarkan JMD Bina Marga Aceh lebih kecil di bandingkan dengan hasil penelitian Laboratorium Jalan Raya Unsyiah ($3,38 \text{ mm} \leq 3,58 \text{ mm}$), hal ini dikarenakan KAO dari hasil penelitian Lab. Jalan Raya Unsyiah lebih besar dibandingkan KAO JMD Bina Marga Aceh. Kadar aspal yang besar cenderung mengakibatkan campuran lebih plastis sehingga menghasilkan nilai *flow* yang lebih besar ketika mengalami pembebanan. Selain itu, kadar aspal yang tinggi juga mengakibatkan berkurangnya volume agregat yang terdapat di dalam campuran, sehingga menjadikan campuran tersebut menjadi lebih lentur ketika menerima beban roda kendaraan.

Nilai MQ tertinggi diperoleh pada campuran menggunakan material RAP dengan tambahan aspal pen. 60/70 yang disubstitusi *styrofoam* sebesar 12% yaitu sebesar 1.282,69 kg/mm. Tingginya nilai MQ ini menunjukkan bahwa campuran aspal material RAP jauh lebih kaku dibandingkan dengan campuran menggunakan agregat baru, hal ini dikarenakan sifat adhesi dan kohesi aspal yang terdapat pada material RAP mengalami penurunan akibat dari lintasan kendaraan, perubahan suhu dan cuaca.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengujian ekstraksi material RAP, diperoleh kadar aspal yang tersisa pada campuran yaitu sebesar 5,20%, sehingga dibutuhkan 0,60% aspal tambahan untuk mengembalikan kadar aspal pada keadaan optimum. Sedangkan gradasi material RAP masih berada pada range spesifikasi yang disyaratkan.
2. Nilai stabilitas terbaik diperoleh pada campuran aspal menggunakan material RAP dengan tambahan aspal pen. 60/70 yang disubstitusi *styrofoam* sebesar 12% pada KAO berdasarkan JMD Bina Marga Aceh, yaitu sebesar 3.308,72 Kg. Nilai stabilitas terendah diperoleh pada campuran aspal menggunakan agregat baru berdasarkan hasil penelitian Dinas Bina Marga Aceh pada KAO yaitu sebesar 983,94 Kg.
3. Nilai durabilitas yang diperoleh pada semua jenis campuran menggunakan agregat baru maupun material RAP telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai durabilitas tertinggi diperoleh pada campuran menggunakan material RAP dengan tambahan aspal pen. 60/70 yang di substitusi 8% *styrofoam* yaitu sebesar 104,25%.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan metode pencampuran cara kering dengan gradasi dan jenis plastik lain dengan variasi persentase yang berbeda.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- AASHTO, 1990, *Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, 15thed, AASHTO, Washington, DC.
- Bukhari, dkk, 2007, *Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan*, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 2014, *Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2010 Revisi 3 Divisi 6*. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Ditwas Produk & Bahan Bahaya, 2008, *Kemasan Polistirena Foam (Styrofoam) (on line)*, InfoPOM: Badan POM RI.
- Lubis, Z., dan Agus, Z., 2009, *Kajian Penggunaan Filler Abu Sekam Padi Untuk Menguji Durabilitas Laston*, Jurnal Teknik, Volume 1 No. 2 Prodi T. Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan. Pp 35-40
- Mashuri dan Batti, 2011, *Pemanfaatan Material Limbah Pada Campuran Panas*, Makalah Ilmiah Teknik Sipil Mektek, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu.
- Pei-Hung, Y., 2000, *A study of Potensial use of Asphalt Containing Synthetic Polymers for Asphalt Paving Mixes*, Hal. 2-10. USA: UMI.
- Polacco, G., Berlincioni, S., 2005, *Asphalt Modification with Different Polyethylene Based Polymer*. European Polymer Journal 41. pp 2831. Italia.
- Rianto, R. H., 2007, *Pengaruh Abu Sekam Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Campuran Beton Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR)*, Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- Saleh, S.M., 2014, *Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Substitusi Styrofoam pada Aspal Penetrasi 60/70*, Jurnal Teknik Sipil, vol. 21, no. 3, ISSN. 0853-2982. Pp 241-250
- Sukirman, S., 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Granit, Bandung.