

Analisa Campuran AC-WC dengan Agregat *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dan Filler Abu Batu Sebagai Campuran untuk Penambahan Plastik *High Density Polyethylene* (HDPE)

Diansyah Pratama Putra

Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

[E-mail: diansyahputra@mhs.unesa.ac.id](mailto:diansyahputra@mhs.unesa.ac.id)

Purwo Mahardi, S.T., M.Sc.

Dosen Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya

[E-mail: purwomahardi@unesa.ac.id](mailto:purwomahardi@unesa.ac.id)

Yogie Risdianto, S.T., M.T.

Dosen Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya

[E-mail: risdi75@yahoo.com](mailto:risdi75@yahoo.com)

Abstrak

Peningkatan kinerja campuran aspal dapat dilakukan dengan memodifikasi campuran aspal untuk mendapatkan campuran aspal yang tahan lama dan kuat. Dalam meningkatkan kualitas jalan secara efektif dan efisien dilakukan penelitian diantaranya dengan pemanfaatan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP). Sebagian besar limbah hasil konstruksi belum dimanfaatkan sebaik mungkin, seperti halnya sisa-sisa bongkaran aspal hasil *patching* yang terkadang hanya digunakan sebagai bahan timbunan pada bahu jalan atau bahkan hanya dikumpulkan dan ditumpuk di sebuah tempat dan akhirnya terabaikan. Teknologi daur ulang perkerasan adalah sebuah teknologi alternatif dalam konstruksi perkerasan yang memungkinkan penggunaan limbah hasil pekerjaan konstruksi perkerasan sebagai material yang digunakan untuk pemeliharaan jalan. Penelitian ini dilakukan dengan meninjau dampak penggunaan RAP sebagai pengganti sebagian agregat dalam campuran lapisan laston AC-WC pen 60/70 dengan parameter *Marshall*.

Parameter *Marshall* yang meliputi *stability*, *flow*, *void in mineral aggregate (VMA)*, *void in mix (VIM)*, *void filled with asphalt (VFA)* dan *Marshall Quotient (MQ)*. Penggunaan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sebagai pengganti sebagian agregat pada campuran laston AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) dengan filler abu batu menggunakan aspal minyak pen 60/70 didapatkan hasil kadar aspal optimum sebesar 5,75% pada gradasi campuran variasi 3. Penggunaan RAP yang digunakan sebesar 45% pada *Fine Agregat (0-5mm)*. Hasil penggunaan RAP 45% dan kadar aspal 5,75% didapatkan nilai stabilitas sebesar 1252,3 kg, kelelahan atau *flow* 3,37 mm, V.I.M 4,5%, V.M.A 15,5%, V.F.A 71,2%, dan *Marshall Quotient* 372,4 kg/mm.

Kata Kunci: Parameter *Marshall*, *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), Laston AC-WC

Abstract

Improving the performance of asphalt mixes can be done by modifying asphalt mixes to get a durable and strong asphalt mixture. In improving the quality of roads effectively and efficiently, research has been carried out including the use of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). Most of the waste from construction has not been used as well as possible, as well as the remnants of asphalt patching results which are sometimes only used as pile material on the shoulder of the road or even just collected and piled in a place and eventually ignored. Pavement recycling technology is an alternative technology in pavement construction that enables the use of pavement construction waste as a material used for road maintenance. This research was conducted by reviewing the impact of using RAP as a partial replacement for aggregates in the 60/70 pen AC / WC laston layer mixture with Marshall parameters.

Marshall parameters which include stability, flow, void in mineral aggregate (VMA), void in mix (VIM), void filled with asphalt (VFA) and Marshall Quotient (MQ). The use of RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) as a partial replacement for the aggregate in the mixture of laston AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course) with rock ash filler using asphalt pen oil 60/70 obtained the optimum asphalt content of 5.75% in the gradation of mixture variation 3 The use of RAP used at 45% in Fine Aggregates (0-5mm). The results of using 45% RAP and asphalt content of 5.75% obtained a stability value of 1252.3 kg, 3.37 mm melt or flow, VIM 4.5%, 15.5% VMA, 71.2% VFA, and Marshall Quotient 372.4 kg / mm.

Keywords: *Marshall Parameter*, *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), Laston AC-WC

PENDAHULUAN

Dalam konteks ekonomi, jalan adalah modal utama di dalam perkembangan ekonomi. Pertumbuhan ekonomi

yang tinggi akan sulit dicapai tanpa ketersediaan jaringan jalan yang memadai. Saat ini, jalan merupakan sarana transportasi yang penting bagi kehidupan baik dari segi

ekonomi, sosial, pertahanan keamanan dan lain sebagainya. Di dalam peraturan pemerintah nomor 34 tahun 2006 tentang jalan, disebutkan bahwa pemeliharaan jalan merupakan prioritas tertinggi dari semua jenis penanganan jalan. Pada umumnya pemeliharaan jalan dapat berupa pekerjaan penambalan lubang (*patching*) dan pelapisan ulang (*overlay*). Sebelum dilakukan pekerjaan overlay dilakukan pengupasan aspal lama terlebih dahulu. Hasil dari pengupasan perkerasan jalan dikenal sebagai *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), material RAP tersebut berpotensi sebagai pengganti aspal dan agregat baru dalam perkerasan jalan, sehingga dapat menghemat sumber daya alam dan diharapkan dapat menambah kekuatan dan umur rencana suatu campuran beraspal khususnya pada aspal lapisan AC-WC.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan RAP sebagai pengganti sebagian agregat. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas aspal beton dan memenuhi persyaratan teknis untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Pada penelitian ini yang ditinjau adalah karakteristik *Marshall* yang meliputi *stability*, *flow*, *void in mineral aggregate* (VMA), *void in mix* (VIM), *void filled with asphalt* (VFA) dan *Marshall Quotient* (MQ) dengan menggunakan campuran aspal Laston AC-WC spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yang diuji dengan metode Marshall dengan beberapa variasi perbandingan benda uji.

KAJIAN PUSTAKA

Lapisan paling atas disebut juga sebagai lapisan permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya. Di bawahnya terdapat lapisan pondasi, yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Umumnya perkerasan jalan terdiri atas beberapa lapis dengan kualitas bahan semakin keatas semakin baik (Sukirman,1992).

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, lapisan – lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan bawahnya. Menurut Sukirman (1999) konstruksi perkerasan terdiri dari :

1. Lapisan permukaan (*surface course*), lapisan yang terletak paling atas disebut lapis permukaan dan berfungsi sebagai lapis perkerasan penahan beban roda lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis

permukaan yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya

3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar yang berfungsi sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*), lapisan tanah setebal 50-100 cm diatas yang mana akan diletakkan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar.

Material Penyusunan Perkerasan

Aspal adalah material yang pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan sampai suhu tertentu, dan kembali membeku jika temperature turun. Secara umum fungsi dari aspal dalam campuran aspal beton adalah sebagai bahan pengikat dan bahan pengisi. Sebagai bahan pengikat, aspal memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan aggregate dan antara aspal itu sendiri. Sedangkan sebagai bahan pengisi, aspal mengisi rongga antara butir-butir aggregate dan pori-pori yang ada dari aggregate itu sendiri (Sukirman, 1992).

Agregat adalah salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan untuk memikul beban lalu lintas dan daya tahan perkerasan terhadap cuaca. Pemakaian agregat sebagai bahan perkerasan jalan, perlu diperhatikan mengenai gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas absorsi, berat jenis dan daya lekat aspal. Agregat dibedakan menjadi 3, yaitu (Sukirman, 2003):

1. Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No.8 (2,36mm) atau No.4 (4,75mm)
2. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No.8 (2,36mm) atau No.4 (4,75mm)
3. Bahan pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No.30 (0.60mm) atau No.200 (0,075mm)

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

RAP adalah material hasil pengupasan dan atau pemrosesan ulang perkerasan yang berisi agregat dan aspal. Jika dikupas dan saring dengan baik RAP mengandung agregat yang bermutu tinggi dan bergradasi baik (NAPA, 1996). Di dalam RAP masih terdapat kandungan aspal dan agregat yang dapat digunakan kembali sebagai substitusi agregat baru dalam perkerasan jalan. Selain berpotensi sebagai substitusi material dalam perkerasan aspal baru, RAP juga dapat menjadi sumber limbah. Pembangunan infrastruktur tidak harus

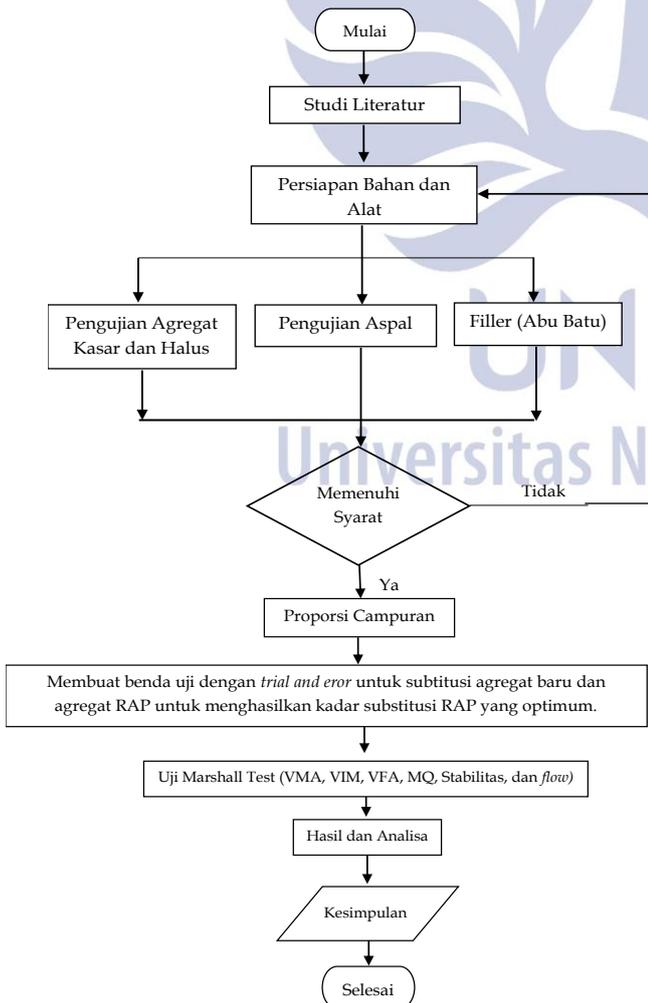
menggunakan fresh aggregate, tetapi dapat memanfaatkan bahan limbah seperti *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP). Material RAP yang telah didapatkan harus diuji untuk mengetahui karakteristik dari material penyusunnya. Karena material RAP adalah campuran dari aspal dan agregat, maka harus diuji terlebih dahulu.

METODE PENELITIAN

Sebelum penelitian dilakukan, terlebih dahulu dilakukan penyusunan rencana kerja dan persiapan bahan, hal ini dimaksudkan untuk mempermudah pelaksanaan penelitian. Setelah melakukan persiapan bahan, dilakukan pengujian terhadap agregat dan aspal dengan ketentuan Kementerian Pekerjaan Umum 2010 Rev. 3.

Penelitian yang dilakukan adalah uji analisis deskriptif pada pengujian aspal *wearing-course* (AC-WC) dengan bahan *reclaimed asphalt pavement* (RAP) yang di substitusikan terhadap agregat dan menggunakan abu batu sebagai *filler*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Merakindo Mix, Driyorejo, Gresik.

Gradasi agregat campuran aspal menggunakan gradasi Laston (AC) dan jenis agregat dengan sistim gradasi terbuka (*open graded*) dengan bahan penyusun diantaranya agregat batu pecah, RAP, *filler fly ash*, HDPE dan aspal pen 60/70 untuk membuat benda uji. Diagram alir kegiatan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian material untuk mengetahui *properties* material yang digunakan yaitu agregat dan aspal. Adapun material yang digunakan *Fine Agregat* ukuran 0-5mm, *Medium Agregat* ukuran 5-10mm, *Course Agregat* ukuran 10-15mm, RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dengan ukuran 0-15 mm, *Filler* menggunakan Abu Batu, dan aspal menggunakan aspal minyak pen. 60/70.

Rancangan komposisi campuran dilakukan analisa saringan menggunakan alat saringan agregat dari ukuran bukaan saringan yang terbesar yaitu 1/2"-200" dimana akan menghasilkan gradasi untuk pencampuran AC-WC. Komposisi campuran gradasi gabungan dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

Tabel 1. Gradasi Gabungan Agregat Variasi 1

SIEVE NO :	RAP (10-15)		Agregat Sedang (5-10)		Agregat Halus (0-5)		Filler Abu Batu		TOTAL	SPESIFIKASI
	11%	37%	45%	7%						
1"	100	11,0	100	37,0	100	45,0	100	7,0	100	
3/4"	100	11,0	100	37,0	100	45,0	100	7,0	100	100
1/2"	75,0	8,2	100	37,0	100	45,0	100	7,0	97,2	90 - 100
3/8"	32,4	3,6	86,6	32,0	100	45,0	100	7,0	87,6	77 - 90
No: 4	3,2	0,4	32,4	12,0	100	45,0	100	7,0	64,3	53 - 69
8	0,7	0,1	7,3	2,7	70,1	31,5	100	7,0	41,3	33 - 53
16	0,5	0,1	3,1	1,1	40,0	18,0	100	7,0	26,2	21 - 40
30			1,4	0,5	18,7	8,4	100	7,0	15,9	14 - 30
50					8,2	3,7	100	7,0	10,7	9 - 22
100						0,0	99,30	6,95	7,0	6 - 15
200						0,0	99,10	6,94	6,9	4 - 9

Tabel 2. Gradasi Gabungan Agregat Variasi 2

SIEVE NO :	Agregat Kasar (10-15)		RAP (5-10)		Agregat Halus (0-5)		Filler Abu Batu		TOTAL	SPESIFIKASI
	16%	30%	47%	7%						
1"	100	16,0	100	30,0	100	47,0	100	7,0	100	
3/4"	100	16,0	100	30,0	100	47,0	100	7,0	100	100
1/2"	71,3	11,4	100	30,0	100	47,0	100	7,0	95,4	90 - 100
3/8"	40,0	6,4	64,4	19,3	100	47,0	100	7,0	79,7	77 - 90
No: 4	8,7	1,4	8,4	2,5	100	47,0	100	7,0	57,9	53 - 69
8	0,7	0,1	3,7	1,1	70,1	32,9	100	7,0	41,2	33 - 53
16	0,1	0,0	3,5	1,1	40,0	18,8	100	7,0	26,8	21 - 40
30			3,3	1,0	18,7	8,8	100	7,0	16,8	14 - 30
50			3,2	0,9	8,2	3,8	100	7,0	11,8	9 - 22
100							99,30	6,95	7,0	6 - 15
200							99,10	6,94	6,9	4 - 9

Tabel 3. Gradasi Gabungan Agregat Variasi 3

SIEVE NO :	Agregat Kasar (10-15)		Agregat Sedang (5-10)		RAP (0-5)		Filler Abu Batu		TOTAL	SPESIFIKASI
	13%	35%	45%	7%						
1"	100	13,0	100	35,0	100	45,0	100	7,0	100	
3/4"	100	13,0	100	35,0	100	45,0	100	7,0	100	100
1/2"	70,8	9,2	100	35,0	100	45,0	100	7,0	96,2	90 - 100
3/8"	35,1	4,6	86,6	30,3	100	45,0	100	7,0	86,9	77 - 90
No: 4	8,2	1,1	32,4	11,3	97,2	43,7	100	7,0	63,2	53 - 69
8	0,6	0,1	7,3	2,6	69,9	31,5	100	7,0	41,1	33 - 53
16	0,1	0,0	3,1	1,1	45,0	20,3	100	7,0	28,4	21 - 40
30			1,4	0,5	27,2	12,2	100	7,0	19,7	14 - 30
50					16,1	7,3	100	7,0	14,3	9 - 22
100							99,25	6,95	6,9	6 - 15
200							99,10	6,94	6,9	4 - 9

Tabel 4. Gradasi Gabungan Agregat Variasi 4

SIEVE	Agregat Kasar + RAP (10-15)	Agregat Sedang (5-10)	Agregat Halus (0-5)	Filler Abu Batu	TOTAL	SPESIFIKASI
NO :	17%	30%	46%	7%		
1"	100	100	100	100	100	
3/4"	100	100	100	100	100	100
1/2"	74,6	100	100	100	95,7	90 - 100
3/8"	29,9	86,6	100	100	84,1	77 - 90
No: 4	2,3	32,4	100	100	63,1	53 - 69
8	0,4	7,3	70,1	100	41,5	33 - 53
16	0,2	3,1	40,0	100	26,3	21 - 40
30		1,4	18,7	100	16,0	14 - 30
50			8,2	100	10,8	9 - 22
100				99,30	6,95	7,0
200				99,10	6,94	6,9

Tabel 5. Gradasi Gabungan Agregat Variasi 5

SIEVE	Agregat Kasar (10-15)	Agregat Sedang + RAP (5-10)	Agregat Halus (0-5)	Filler Abu Batu	TOTAL	SPESIFIKASI
NO :	14%	34%	45%	7%		
1"	100	100	100	100	100	
3/4"	100	100	100	100	100	100
1/2"	70,8	100	100	100	95,9	90 - 100
3/8"	35,1	69,7	100	100	80,6	77 - 90
No: 4	8,2	24,4	100	100	61,5	53 - 69
8	0,6	5,2	70,1	100	40,4	33 - 53
16	0,1	3,1	40,0	100	26,1	21 - 40
30		1,4	18,7	100	15,9	14 - 30
50			8,2	100	10,7	9 - 22
100				99,25	6,95	6,9
200				99,10	6,94	6,9

Tabel 6. Gradasi Gabungan Agregat Variasi 6

SIEVE	Agregat Kasar (10-15)	Agregat Sedang (5-10)	Agregat Halus + RAP (0-5)	Filler Abu Batu	TOTAL	SPESIFIKASI
NO :	17%	34%	42%	7%		
1"	100	100	100	100	100	
3/4"	100	100	100	100	100	100
1/2"	70,8	100	100	100	95,0	90 - 100
3/8"	35,1	86,6	100	100	84,4	77 - 90
No: 4	8,2	32,4	100	100	61,1	53 - 69
8	0,6	7,3	81,45	100	43,8	33 - 53
16	0,1	3,1	47,40	100	28,0	21 - 40
30		1,4	28,66	100	19,5	14 - 30
50		0,0	19,03	100	15,0	9 - 22
100				99,25	6,95	6,9
200				99,10	6,94	6,9

Setelah dilakukan gradasi campuran AC-WC dan RAP, kemudian dilakukan penentuan kadar aspal rencana berdasarkan pada gradasi agregat campuran. Rumus yang digunakan untuk menentukan kadar aspal rencana adalah sebagai berikut :

$$Pb = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K$$

Perhitungan,

$$\%CA = 100\% - 41,1\% = 58,9\%$$

$$\%FA = 41,1\% - 6,9\% = 34,2\%$$

$$\%FF = 6,9\%$$

Konstanta yang dipakai adalah 1

$$Pb = 0,035(58,9\%) + 0,045(34,2\%) + 0,18(6,9\%) + 0,5$$

$$= 2,062\% + 1,539\% + 1,242\% + 1$$

$$= 5,7\% \text{ dibulatkan menjadi } 5,5\%$$

Setelah didapatkan nilai Pb, maka dapat ditentukan variasi kadar aspal yaitu dengan mengambil dua nilai kadar aspal yang berada dibawah Pb dan dua nilai diatas Pb dengan selisih 0,5%. Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan variasi kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5%. Untuk jumlah benda uji

dibutuhkan 3 buah sample pada setiap variasi kadar aspal yang akan diuji test marshall.

Dari hasil pengujian, didapatkan nilai stabilitas dan flow paling tinggi ada pada variasi 3. Dan juga beberapa parameter seperti VIM, VMA, VFA, serta MQ telah memenuhi dari spesifikasi umum Bina Marga 2010 Revisi 3 divisi 6. Serta dipilih variasi 3 juga berdasarkan substitusi material asli agregat halus ke penggunaan material RAP yang sangat maksimal yaitu sebesar 45%. Berikut ini adalah hasil dari marshall test dari beberapa variasi kadar aspal.

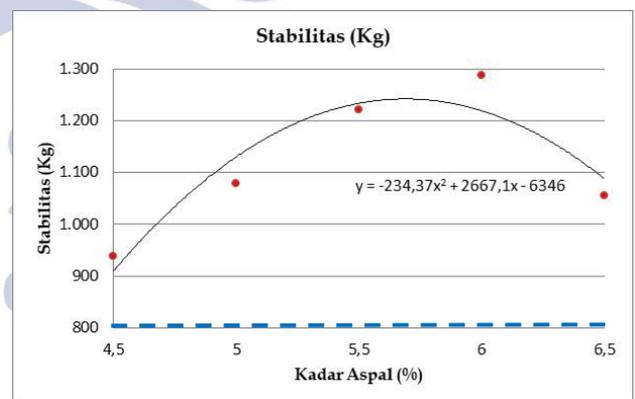
a. Analisis Terhadap Nilai Stabilitas

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas pada campuran laston AC-WC dengan RAP mengalami kenaikan pada variasi 3. Nilai stabilitas maksimum terdapat pada kadar aspal 6,0% dengan nilai stabilitas 1287,18 kg, kemudian mengalami penurunan pada kadar aspal 6,5%, dapat dilihat pada Tabel 7. dibawah ini.

Tabel 7. Analisis Terhadap Nilai Stabilitas

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	Spesifikasi (Kg)	Keterangan
4.50	938.12	(Min. 800) SNI Bina Marga 2010	Memenuhi
5.00	1077.74		Memenuhi
5.50	1221,73		Memenuhi
6.00	1287,18	(Revisi 3 Divisi 6)	Memenuhi
6.50	1055,93		Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Lab PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.



Gambar 2. Grafik Hasil Stabilitas

Dari hasil diatas diketahui bahwa campuran laston AC-WC + RAP dari kadar aspal 4,5% sampai dengan kadar aspal 6,5% dapat memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Nilai Stabilitas minimal yang disyaratkan Bina Marga adalah sebesar 800 kg. Semakin banyak kadar aspal yang digunakan semakin naik nilai stabilitas yang didapatkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak aspal yg digunakan maka lapis

perkerasan semakin kaku, mampu menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang dan alur.

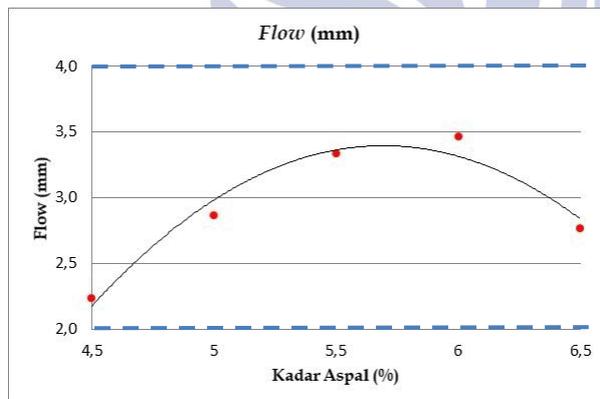
b. Analisis Terhadap Nilai *Flow* /kelelahan

Hasil dari *Flow* menunjukkan besarnya deformasi dari campuran beton aspal akibat beban yang bekerja pada perkerasan. *Flow* merupakan salah satu indikator terhadap lentur. Hasil dari pengujian *flow* pada laston AC-WC dengan kombinasi agregat RAP rata-rata mengalami peningkatan pada setiap kadar aspal, namun mengalami penurunan pada kadar aspal 6,5%. Hasil dari pembacaan arloji kelelahan pada alat uji *Marshall* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisis Terhadap Nilai *Flow* /kelelahan

Kadar Aspal (%)	<i>Flow</i> (mm)	Spesifikasi (Kg)	Keterangan
4.50	2,23	(Min.2 – 4 mm) SNI Bina Marga 2010 (Revisi 3 Divisi 6)	Memenuhi
5.00	2,87		Memenuhi
5.50	3,33		Memenuhi
6.00	3,47		Memenuhi
6.50	2,77		Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Lab PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara *Flow*/ Kelelahan

Dari Gambar 3. Grafik hasil nilai *flow* menunjukkan dapat diketahui bahwa rentang kadar aspal 4,5% sampai dengan kadar aspal 6,5% dapat memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3, dengan batas minimum 2 mm dan batas maksimum 4 mm. Nilai *flow* tertinggi terdapat pada kadar aspal 6% sebesar 3,47 mm dan nilai terendah pada kadar aspal 4,5% sebesar 2,23 mm. Dengan ini menunjukkan bahwa campuran AC-WC dikombinasi dengan RAP bersifat plastis, akan tetapi juga tetap elastis agar memenuhi kemampuan perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas secara merata.

c. Analisis Terhadap Nilai V.I.M (*Void in mix*)

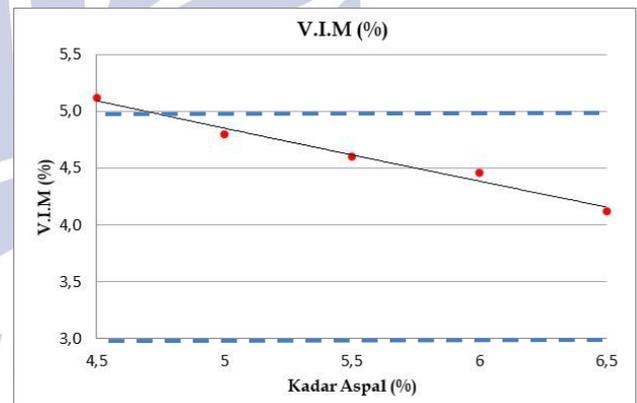
Hasil dari nilai VIM menunjukkan berapa besar presentase rongga yang terdapat dalam total

campuran. Nilai dari campuran AC-WC + RAP menunjukkan semakin besar kadar aspal yang digunakan, nilai VIM semakin menurun. Semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Sehingga campuran menjadi kurang rapat, air dan udara mudah masuk ke rongga-rongga dalam campuran. Nilai VIM tertinggi terdapat pada kadar aspal 4,5% sebesar 5,12%, namun hasil tersebut melebihi batas maksimum Bina Marga 2010 Revisi 3. Sedangkan nilai terendah terdapat pada kadar aspal 6,5%. Batas nilai VIM menurut Bina Marga 2010 Revisi 3 sebesar 3% - 5%. Dapat dilihat pada Tabel 9. dibawah ini.

Tabel 9. Analisis Terhadap Nilai V.I.M

Kadar Aspal (%)	VIM (%)	Spesifikasi (Kg)	Keterangan
4.50	5,12	(Min. 3-5%) SNI Bina Marga 2010 (Revisi 3 Divisi 6)	Tidak Memenuhi
5.00	4,80		Memenuhi
5.50	4,60		Memenuhi
6.00	4,46		Memenuhi
6.50	4,13		Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Lab PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara V.I.M

d. Analisis Terhadap Nilai V.M.A (*Void In Mineral Agregate*)

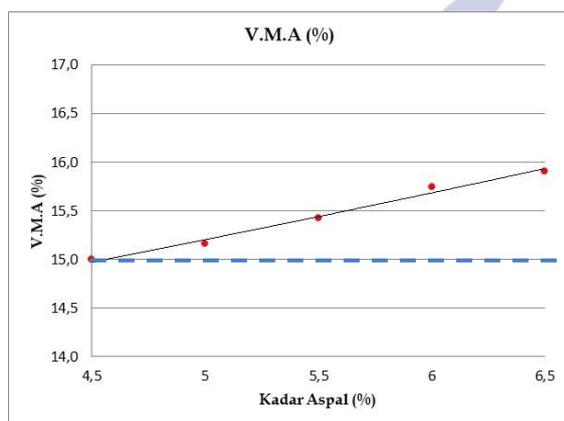
Hasil dari VMA merupakan besarnya rongga udara antar butir agregat dan aspal terhadap total volume. Nilai VMA pada campuran AC-WC + RAP cenderung mengalami kenaikan. Semakin besar kadar aspal yang digunakan, nilai VMA semakin besar. Dengan kadar aspal 4,5% - 6,5% masih memenuhi spesifikasi batas minimum Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu sebesar 15%. Nilai VMA tertinggi terdapat pada kadar aspal 6,5% sebesar 15,91%, dan terendah terdapat pada kadar aspal 4,5% dengan nilai VMA sebesar 15%. Hal ini menunjukkan rongga udara yang ada dalam benda uji campuran mengalami penurunan

akibat dari melelehnya aspal dan mengisi rongga udara yang kosong tersebut. Hasil dari nilai VMA dapat dilihat pada Tabel 10. Dibawah ini.

Tabel 10. Analisis Terhadap Nilai V.M.A

Kadar Aspal (%)	VMA (%)	Spesifikasi (Kg)	Keterangan
4.50	15,00	(Min. 15%) SNI Bina Marga 2010 (Revisi 3 Divisi 6)	Memenuhi
5.00	15,16		Memenuhi
5.50	15,43		Memenuhi
6.00	15,75		Memenuhi
6.50	15,91		Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Lab PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara V.M.A

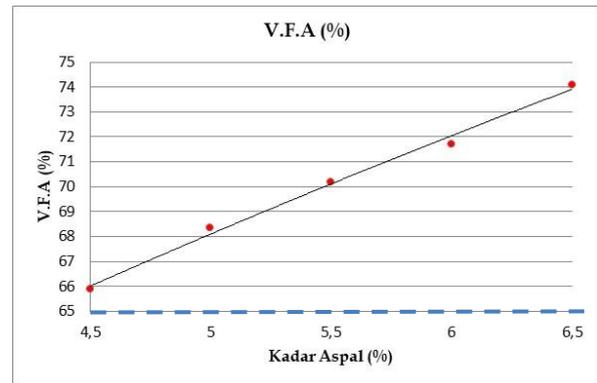
e. Analisis Terhadap Nilai V.F.A (*Void Filled With Asphalt*)

Hasil dari nilai VFA menentukan besarnya presentase rongga yang terisi oleh aspal pada campuran setelah mengalami pemadatan. Nilai hasil VFA pada campuran laston AC-WC dikombinasikan dengan RAP dapat dilihat pada Tabel 11. dibawah ini

Tabel 11. Analisis Terhadap Nilai V.F.A

Kadar Aspal (%)	VFA (%)	Spesifikasi (Kg)	Keterangan
4.50	65,87	(Min. 65%) SNI Bina Marga 2010 (Revisi 3 Divisi 6)	Memenuhi
5.00	68,34		Memenuhi
5.50	70,17		Memenuhi
6.00	71,71		Memenuhi
6.50	74,07		Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Lab PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara V.F.A

Berdasarkan Gambar 6. dapat disimpulkan semakin banyak kadar aspal yang digunakan maka nilai VFA semakin besar. Dari kadar aspal 4,5% - 6,5% masih memenuhi batas spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3, yaitu sebesar 65%. Nilai VFA tertinggi terdapat pada kadar aspal 6,5% sebesar 74,07%. Semakin tinggi nilai VFA menunjukkan semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal, akan menyebabkan *bleeding*.

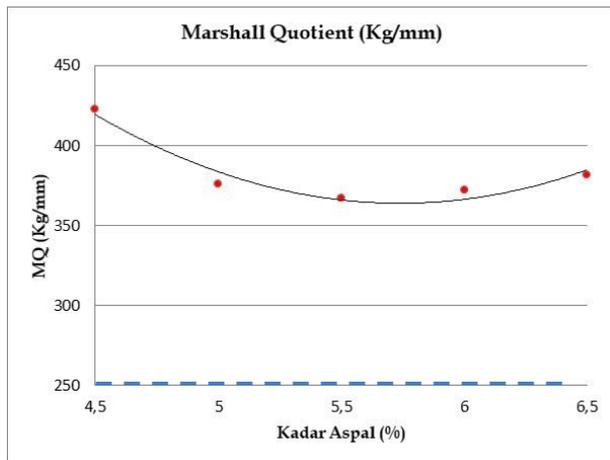
f. Analisis Terhadap Nilai M.Q (*Marshall Quotient*)

Nilai MQ merupakan ukuran untuk memprediksi sifat fleksibilitas campuran. Nilai MQ rendah berarti nilai stabilitasnya rendah disertai nilai flow yang tinggi, sehingga campuran bersifat plastis yang mengakibatkan deformasi yang besar akibat menerima beban lalu lintas dan mempercepat timbulnya alur. Sebaliknya jika MQ tinggi maka stabilitas tinggi disertai nilai flow rendah, sehingga bersifat kaku dan bila menerima beban lalu lintas akan mudah retak. Hasil dari nilai MQ dapat dilihat pada Tabel 12. Dibawah ini.

Tabel 12. Analisis Terhadap Nilai M.Q

Kadar Aspal (%)	MQ (Kg/mm)	Spesifikasi (Kg)	Keterangan
4.50	422,97	(Min. 250) SNI Bina Marga 2010 (Revisi 3 Divisi 6)	Memenuhi
5.00	376,20		Memenuhi
5.50	367,05		Memenuhi
6.00	372,55		Memenuhi
6.50	381,71		Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Lab PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara M.Q

Dari hasil MQ pada campuran AC-WC + RAP diatas menunjukkan bahwa terjadi peningkatan dan penurunan nilai MQ dengan penambahan kadar aspal. Akan tetapi pada kadar aspal 4,5% - 6,5% masih memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 Divisi 6. Nilai MQ terbesar terdapat pada kadar aspal 4,5% sebesar 422,97 Kg/mm.

g. Menentukan Kadar Aspal Optimum

Penentuan kadar aspal optimum (KAO) ditentukan dari hubungan beberapa parameter pengujian *mix design* aspal AC-WC dan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dengan standar yang disyaratkan, seperti pada Tabel 8.

Tabel 13. Penentuan KAO

% Aspal	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Spesifikasi					
Stability	✓	✓	✓	✓	✓
Flow	✓	✓	✓	✓	✓
VMA	✓	✓	✓	✓	✓
VFA	✓	✓	✓	✓	✓
VIM	✓	✓	✓	✓	✓
M.Quotient	✓	✓	✓	✓	✓
KAO			5.75 %		

Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Lab PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.

Dapat dilihat di atas untuk mencari kadar aspal optimum dari hasil grafik stabilitas, flow, VMA, VFA, VIM, dan MQ, dari ke enam grafik tersebut akan di tarik garis tengah, yang mana hanya nilai yang memenuhi persyaratan yang akan menjadi batasan dari garis tengah tersebut. Dari kadar aspal 4,5% sampai dengan 6,5% hanya nilai VIM dengan kadar aspal 4,5% saja yang tidak memenuhi batas standar spesifikasi Bina Marga Revisi 3 Divisi 6.

Setelah didapatkan nilai tengah pada penentuan nilai KAO, selanjutnya membuat benda uji untuk kontrol dengan kadar aspal 5,75% sebanyak 3 buah benda uji yang akan digunakan pada penelitian ini. Berikut adalah

hasil marshall test pada campuran Laston AC-WC + RAP dengan kadar aspal 5,75% sebagai berikut :

Tabel 14. Hasil Marshal KAO

Hasil Lab	Dengan Menggunakan Kadar Aspal 5,75%				
	Benda Uji I	Benda Uji II	Benda Uji III	Average	
Weight (gram)	In Air	1204,7	1204	1205,1	1204,6
	In Water	693,6	692,1	695,6	693,8
	S.S.D	1212,5	1213,3	1215,6	1213,8
Air Void (%)	4,26	4,74	4,43	4,5	
V.M.A (%)	15,35	15,77	15,5	15,5	
Void Filled (%)	72,24	69,95	71,41	71,2	
Stability	Mens	97	94	96	95,7
	Adjust	1269,73	1230,5	1256,6	1252,3
Flow (mm)	3,3	3,5	3,3	3,37	
MQ (Kg/mm)	384,77	351,56	380,8	372,4	

Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Lab PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian pembahasan tentang penggunaan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sebagai pengganti sebagian agregat pada campuran laston AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) dengan filler abu batu menggunakan aspal minyak pen 60/70 didapatkan hasil kadar aspal optimum sebesar 5,75% pada gradasi campuran variasi 3 dimana hasil tersebut lebih baik daripada campuran pada variasi lainnya. Penggunaan RAP yang digunakan sebesar 45% pada *Fine Agregat (0-5mm)*. Hasil penggunaan RAP 45% dan kadar aspal 5,75% didapatkan nilai stabilitas sebesar 1252,3 kg , kelelahan atau *flow* 3,37 mm, V.I.M 4,5%, V.M.A 15,5%, V.F.A 71,2%, dan *Marshall Quotient* 372,4 kg/mm

DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. 2010). *Spesifikasi Umum Edisi 2010 (Revisi 3)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.

Falevi, Rizal. 2013. *Optimalisasi Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Sebagai Bahan Campuran Beraspal Panas (Asphaltic Concrete) Tipe AC- Wearing Course (AC-WC) Gradasi Halus dengan Menggunakan Aspal Pen 60-70 Terhadap Variasi Abrasi Dari Agregat Baru (Studi Kasus Jalan Nasional Pandaan-Malang)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Harahab, Syarifudin. 2013. *Optimalisasi Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Sebagai Bahan Campuran Beraspal Panas (Asphaltic Concrete) Tipe AC- Wearing Course (AC-WC) Gradasi Halus Dengan Aspal Pen 60-70 dan Aspal Modifikasi Jenis Trs 55 (Studi Kasus Jalan Nasional Pandaan-Malang dan Jalan Nasional*

Pilang-Probolinggo). Surabaya: Institute Teknologi Sepuluh Nopember.

Karismanan, 2019. Analisa Campuran AC-WC dengan Agregat *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dan *Filler* Abu Batu Sebagai Campuran Induk untuk Penambahan *High Density Polyethylene* (HDPE). Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.

Mujiarto,Imam. 2005. Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. Nomor 02. Volume 3. Edisi Desember 2005.

Rahmawati, Anita 2015. Perbandingan Pengaruh Penambahan Plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) Dalam Laston-WC dan Lataston-WC Terhadap Karakteristik *Marshall*.Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.

Saez-alvan, L.D.P, et al , 2003. *Mechanical behavior of asphalt mixtures in regions of low temperature and altitude above 3800 meters, 2003 Int. Conf. Airports: Planning, Infrastructure & Environ. Rio De Janeiro – RJ-Brazil-June 8-11.*

Sukirman, Silvia. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung: Nova.

Oglesby Clarkson H., Hicks R. Gary. 1996. Teknik Jalan Raya Jilid 2. Erlangga: Jakarta.

Wilis, Ayudya Retno. 2018. Pengaruh Penambahan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dan *Lawele Granular Asphalt* (LGA) Sebagai Bahan Substitusi Agregat Pada Campuran Beton Aspal *Wearing Course* (AC-WC) Dengan *Fly Ash* Sebagai *Filler*. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.

