

Pengaruh Penambahan Aspal Penetrasi 60/70 dan Cairan Anti Rayap Terhadap Kinerja Perkerasan Daur Ulang AC-WC

M. Khoirun Rizal¹⁾, Alfian Malik²⁾, Mardani Sebayang²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email: m.khoirun@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Asphalt and termite liquid are fluxing materials that can increase the strength of recycled asphalt pavement. This research reuses recycled materials to save on the use of asphalt and aggregate. The purpose of the study was to determine the Marshall characteristics of a mixture of worn-out asphalt concrete (AC-WC) on asphalt rejuvenation and termite anti-liquid. This study used a mixture of each asphalt and anti-termite fluxing material with variations of 0.5%, 1%, 1.5%, and 2%. The research standard used the Marshall method according to the Bina Marga Specifications 2010 revision 3. Test results on asphalt-added material VMA, VFA values, stability and MQ have met specifications, VIM values are only at 1% variation with an average value of 3.67% that meets specifications, while the flow value does not meet the specifications and is too large with the highest value of 7.53%. The results of the anti-termite liquid additive test results are based on average values, only in 1% added ingredients that meet specifications based on Marshall Characteristics. VMA, VFA and Stability values of all variations have met the specifications and value of flow, VIM in variations of 0.5%, 1.5%, and 2% does not meet specifications while the MQ value is only for 0.5% added material does not meet Bina Marga 2010 specifications revision 3. The optimum level of added ingredients contains anti termite fluids with a variation of 1.4%, this variation is the mixture that is best used based on Bina Marga specifications 2010 revision 3.

Keywords: Asphalt, termite liquid, AC-WC, Bina Marga Specifications 2010 Revision 3

A. PENDAHULUAN

Perbaikan lapis permukaan perkerasan jalan lentur lama yang telah rusak akhir-akhir ini lebih banyak dilakukan dengan cara mendaur ulang dari pada langsung mengganti dengan campuran yang baru. Selain itu, daur ulang lapis permukaan perkerasan jalan dari segi lingkungan juga menguntungkan yaitu mengurangi bahan-bahan perkerasan seperti aspal dan agregat sehingga sumber-sumber alam tidak berkurang, yang dapat menyebabkan rusaknya lingkungan.

Penuaan campuran aspal beton adalah suatu perubahan karakteristik campuran aspal dimana terjadi pengerasan pada aspal yang diakibatkan oleh terjadinya proses oksidasi. Aspal yang sudah tua mempunyai kandungan minyak yang sangat sedikit dan mudah getas

(Millard, 1993). Salah satu cara untuk mengatasi berkurangnya kadar minyak pada aspal adalah dengan cara penambahan bahan peremaja.

Bahan peremaja yang digunakan adalah cairan anti rayap yang diperkirakan dapat digunakan sebagai jalan keluar dalam penghematan aspal dan agregat. Bahan peremaja cairan anti rayap yang digunakan sebagai bahan tambah juga sebagai bahan pengikat agregat untuk lapis perkerasan aspal. Selain itu, cairan anti rayap juga di manfaatkan untuk peremajaan campuran aspal yang telah mengalami oksidasi. Cairan anti rayap memiliki sifat fisik yang hampir sama dengan aspal. Kandungan minyak pada cairan anti rayap diharapkan bisa menambahkan kadar minyak pada

campuran aspal yang telah mengalami oksidasi.

Pada penelitian Sumatri, (2016) tentang pengaruh penambahan residu oli bekas dan solar terhadap karakteristik *Marshall* perkerasan daur ulang dengan Asbuton dengan variasi bahan peremaja 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%. Pada penelitian ini didapat kadar Optimum Bahan peremaja pada angka 2,93%, sedangkan pada bahan peremaja pada kadar 8% dan 10% benda uji mengalami kerusakan sebelum dilakukan pengujian. Hal ini dikarenakan jumlah bahan peremaja yang digunakan terlalu besar sehingga benda uji mengalami kegemukan (*bleeding*) pada campuran. Metode daur ulang ini dapat dimanfaatkan untuk mengatasi permasalahan perbaikan jalan.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Perkerasan Daur Ulang

Konsep perkerasan daur ulang pada dasarnya merupakan suatu upaya untuk melakukan penghematan energi dan bahan perkerasan seperti aspal dan agregat. Metode daur ulang merupakan suatu upaya yang sangat baik dan menarik untuk rehabilitasi perkerasan. Daur ulang meliputi pengelupasan perkerasan, penghancuran, kemudian perkerasan ditambah dengan bahan yang baru seperti aspal atau bahan peremaja dan agregat bila diperlukan (Epps. 1980).

Salah satu keuntungan menggunakan perkerasan aspal adalah material aspal bisa didaur ulang bila dibandingkan dengan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*). Akan tetapi pada pembuatan jalan aspal harus membutuhkan *base* jalan yang baik agar tidak terjadi kerusakan yang cepat.

B.2 Bahan Peremaja

Bahan peremaja (*Rejuvenator*) merupakan suatu peremaja bahan pengikat untuk *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), di mana di dalamnya terkandung dan tersusun senyawa aromatik ringan, untuk menggantikan senyawa aromatik ringan yang menguap atau teroksidasi pada RAP.

Kemampuan senyawa aromatik ringan dari rejuvenator harus dapat menembus lapisan aspal dan berdifusi pada RAP sehingga dapat merekonstruksi aspal yang telah menua menjadi bahan lapis perkerasan baru (Qiu et al. 2013).

Rejuvenator merupakan suatu aditif dengan viskositas rendah yang dirancang untuk mengembalikan sifat-sifat bahan pengikat pada RAP dan untuk meningkatkan sifat-sifat campuran aspal yang mengandung RAP. Peremaja yang ideal tidak hanya mengembalikan sifat mekanik aspal, tetapi harus dapat mengoreksi komposisi kimia dari aspal (Lehtimaki, 2012).

B.3 Lapis Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)

Lapisan aspal beton sebagai lapis aus (*Wearing Course*) adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan. Sifat-sifat campuran tipe AC-WC dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan sifat campuran AC-WC

Sifat-sifat Campuran	AC-WC	
Jumlah tumbukan per bidang		75
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	1
	Maks	1,4
Rongga dalam campuran, <i>VIM</i> (%)	Min	3
	Maks	5
Rongga dalam agregat, <i>VMA</i> (%)	Min	15
Rongga terisi aspal, <i>VFA</i> (%)	Min	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800
	Maks	4
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90
	Maks	4

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi ke 3.

Untuk mendapatkan jenis campuran yang baik diperlukan batasan-batasan dalam ukuran agregat yang akan

digunakan. Gradasi agregat dinyatakan dalam presentase lolos atau tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat (Sukirman S., 1999). Untuk campuran tipe AC-WC batas lolos campuran dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran AC-WC

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran AC-WC
mm	inch	
25	1"	100
19	3/4"	100
12,5	1/2"	90-100
9,5	3/8"	77-90
4,75	No. 4	53-69
2,36	No. 8	33-53
1,18	No. 16	21-40
0,6	No. 30	14-30
0,3	No. 50	9-22
0,15	No. 100	6-15
0,075	No. 200	4-9
Pan		0

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi ke 3.

B.4 Bahan Penyusun AC-WC

B.4.1 Aspal

Menurut DPU, (1994) Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecokelatan yang bersifat viscoelastic sehingga akan melunak dan mencair. Sifat viscoelastic inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanan. Pada umumnya aspal bisa diperoleh dari alam maupun berasal dari residu hasil proses destilasi minyak bumi.

Beberapa pengujian aspal harus memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2010 revisi 3 menyatakan persyaratan aspal keras harus memenuhi ketentuan yaitu nilai berat jenis aspal harus $\geq 1,0$.

B.4.2 Agregat

Agregat adalah kerikil, pasir, butir-butir batu pecah, atau mineral lain yang

keras dan kaku baik yang berasal dari alam ataupun buatan berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen (Sukirman, 2003).

Menurut Bina Marga 2010 Revisi 3 ukuran butiran agregat dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu sebagai berikut.

1. Agregat Kasar (*Course Aggregate*), yaitu agregat dengan ukuran butiran lebih besar atau tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm).
2. Agregat Halus (*Fine Aggregate*), yaitu agregat dengan ukuran butiran lebih kecil atau lolos pada saringan No. 4 (4,75 mm) dan tertahan saringan no. 200.
3. Fraksi Bahan Pengisi (*Filler Fraction*), termasuk agregat halus yang sebagian besar lolos saringan No. 200.

B.4.3 Residu (Cairan Anti Rayap)

Residu merupakan segala sesuatu yang tertinggal, suatu zat yang tersisa dan berperan sebagai kontaminan dalam proses kimia tertentu (Anonim, 2018).

Kandungan atau senyawa kimia yang ada pada cairan anti rayap yaitu Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester, Alkana, Senyawa Nitro, Alifatik, Alkohol, Eter, Alkena, Dan Aromatik. Senyawa alifatik menyebabkan bahwa cairan anti rayap kelihatan seperti berminyak sedangkan senyawa aromatik memberikan bau yang khas pada cairan anti rayap.

C. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di dalam Laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil Universitas Riau dan Laboratorium Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru (STTP), Pekanbaru.

C.1 Bahan dan Peralatan

C.1.1 Bahan

Bahan yang digunakan adalah:

1. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.
2. *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) merupakan campuran dengan tipe agregat AC-WC.

- Cairan anti Rayap yang digunakan dengan merek Teer Cap Roket 4 Bintang.

C.1.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah:

- Alat uji pemeriksaan berat jenis agregat
- Alat uji pemeriksaan berat jenis aspal
- Satu set saringan gradasi AC-WC
- Cetakan benda uji dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm, lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.
- Alat uji *Extractor*
- Alat Uji *Marshall*
- Mesin penumbuk dengan permukaan yang rata berbentuk silinder dengan berat 4,54 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.
- Oven dengan suhu mencapai 200 °C
- Water batch* atau bak rendaman dengan suhu mulai 10-100 °C
- Alat ukur suhu atau *Thermometer*
- Timbangan
- Perlengkapan lainnya.

C.2 Pengujian Bahan Penyusun

Pengujian bahan penyusun yang dilakukan yaitu:

- Pengujian Ekstraksi, mengacu pada SNI 03-6894-2002
- Pengujian Gradasi agregat, mengacu pada SNI 03-1968-1990
- Pengujian Berat jenis agregat, mengacu pada SNI 03-1969-1990
- Pengujian Berat jenis aspal, mengacu pada SNI 06-2441-1991.

C.3 Rancangan Campuran Laston

C.3.1 Bahan Tambah Aspal

Aspal yang digunakan adalah aspal curah dengan penetrasi 60/70. Bahan tambah aspal bertujuan untuk meningkatkan kembali kadar aspal yang telah teroksidasi. Rancangan campuran dengan bahan tambah aspal dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Rancangan campuran Aspal

Kelompok	Aspal 60/70	Berat terhadap campuran	Jumlah Sampel
	(%)	(gram)	
1	0,5	6	3
2	1	12	3
3	1,5	18	3
4	2	24	3
Total			12

C.3.2 Bahan Tambah Cairan Anti Rayap

Sedangkan rancangan campuran untuk bahan tambah cairan anti rayap dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Rancangan campuran cairan anti Rayap

Kelompok	Cairan anti Rayap	Berat terhadap campuran	Jumlah Sampel
	(%)	(gram)	
1	0,5	6	3
2	1	12	3
3	1,5	18	3
4	2	24	3
Total			12

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Pengujian Ekstraksi

Hasil pengujian ekstraksi didapatkan kadar aspal yang terdapat pada campuran RAP yaitu sebesar 6,38 % terhadap agregat dan kadar aspal terhadap campuran sebesar 6 % serta kadar agregat terhadap campuran sebesar 94%.

D.2 Hasil Pengujian Gradasi Agregat

Pengujian gradasi agregat dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Hasil Pengujian Gradasi

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran AC-WC
mm	inch	
25	1"	100
19	3/4"	100

Tabel 5. Hasil Pengujian Gradasi (Lanjutan)

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran AC-WC
mm	inch	
12,5	1/2"	90-100
9,5	3/8"	77-90
4,75	No. 4	53-69
2,36	No. 8	33-53
1,18	No. 16	21-40
0,6	No. 30	14-30
0,3	No. 50	9-22
0,15	No. 100	6-15
0,075	No. 200	4-9
Pan		0

Berdasarkan pengujian gradasi yang dilakukan maka RAP yang digunakan telah memenuhi ketentuan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 untuk jenis campuran laston AC-WC.

D.3 Hasil Pengujian Bahan Penyusun

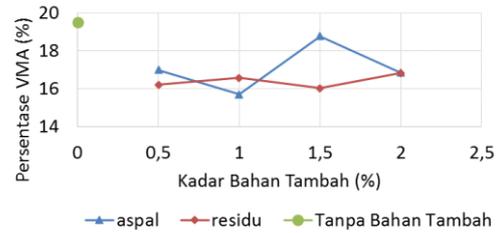
Hasil pengujian bahan penyusun yaitu sebagai berikut:

1. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal dari perhitungan maka berat jenis aspal yang didapatkan yaitu sebesar 1,02 gr/cc. hasil ini telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yaitu minimal 1,00 gr/cc. Maka sampel aspal bisa digunakan sebagai bahan tambah pada campuran Laston AC-WC berdasarkan berat jenis aspal yang didapatkan.
2. Hasil pengujian agregat yaitu berat jenis semu, berat jenis kering dan berat jenis efektif telah memenuhi spesifikasi dengan nilai minimum yaitu 2,5. Maka agregat bisa digunakan sebagai bahan penyusun campuran Laston AC-WC berdasarkan nilai berat jenis agregat yang didapatkan.

D.4 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall

Perbandingan hasil pengujian tanpa bahan tambah dan menggunakan bahan tambah aspal dan cairan anti rayap

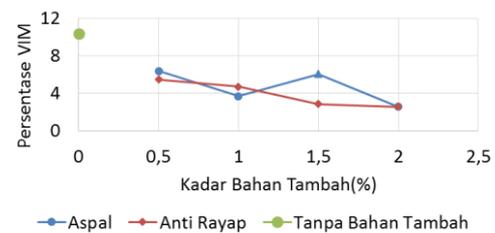
terhadap nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Grafik Perbandingan nilai VMA campuran tanpa bahan tambah dan dengan menggunakan bahan tambah

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa terjadinya penurunan nilai setelah ditambahkan dengan aspal dan cairan anti rayap tetapi masih berada diatas batas minimal berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Bahan tambah yang semakin besar akan menurunkan nilai VMA. Akan tetapi terjadi perbedaan pada bahan tambah aspal 1,5%, dimana terjadi kenaikan nilai VMA yang cukup besar.

Perbandingan hasil pengujian tanpa bahan tambah dan menggunakan bahan tambah terhadap nilai VIM dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:

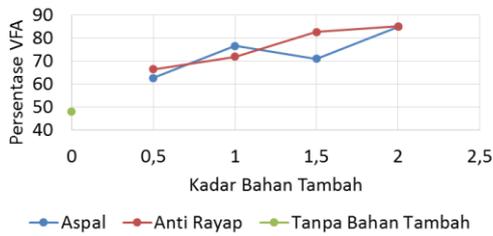


Gambar 2. Grafik Perbandingan nilai VIM campuran tanpa bahan tambah dan dengan menggunakan bahan tambah

Berdasarkan Gambar 2 terjadi penurunan nilai VIM setelah ditambahkan dengan aspal dan cairan anti rayap. Penurunan nilai ini menunjukkan semakin rapatnya pori campuran setelah menggunakan bahan tambah. Akan tetapi pada bahan tambah aspal 1,5% terjadi perbedaan data, dimana nilai VIM semakin besar sehingga nilai VIM menjadi tidak konsisten.

Perbandingan hasil pengujian tanpa bahan tambah dan menggunakan bahan

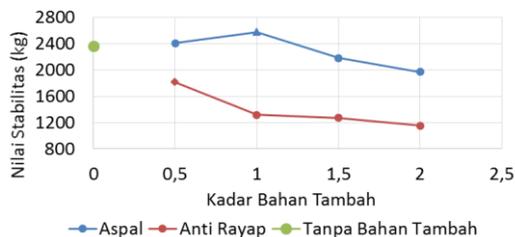
tambah aspal dan cairan anti rayap terhadap nilai VFA dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Grafik Perbandingan nilai VFA campuran tanpa bahan tambah dan dengan menggunakan bahan tambah

Dari Gambar 3 terlihat bahwa terjadinya kenaikan nilai setelah ditambahkan dengan aspal dan cairan anti rayap. Nilai VFA tanpa menggunakan bahan tambah belum memenuhi spesifikasi. Setelah ditambahkan dengan aspal dan residu maka nilai VFA telah memenuhi batas minimal berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3.

Perbandingan hasil pengujian tanpa bahan tambah dan menggunakan bahan tambah aspal dan cairan anti rayap terhadap nilai Stabilitas dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:

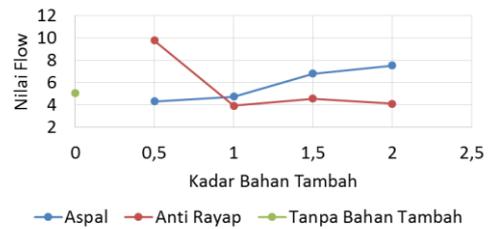


Gambar 4. Grafik Perbandingan nilai Stabilitas campuran tanpa bahan tambah dan dengan menggunakan bahan tambah

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa terjadinya penurunan nilai yang cukup besar setelah ditambahkan dengan aspal dan cairan anti rayap tetapi masih berada diatas batas minimal berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Semakin bertambah bahan tambah maka akan menurunkan nilai stabilitas.

Perbandingan hasil pengujian tanpa bahan tambah dan menggunakan bahan tambah aspal dan cairan anti rayap

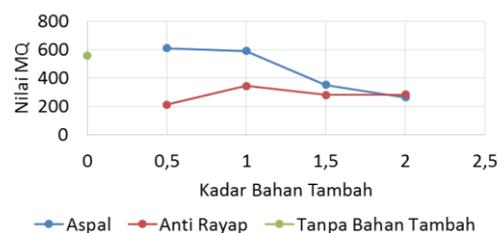
terhadap nilai *Flow* dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Grafik Perbandingan nilai *Flow* campuran tanpa bahan tambah dan dengan menggunakan bahan tambah

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa nilai *Flow* pada bahan tambah aspal tidak terjadi perubahan yang besar dan belum memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Untuk Nilai *Flow* pada bahan tambah cairan anti rayap telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Nilai *flow* tergantung pada kadar aspal dan bahan tambah yang digunakan. Semakin besar nilai kadar aspal maka campuran akan semakin plastis sehingga nilai *flow* semakin tinggi.

Perbandingan hasil pengujian tanpa bahan tambah dan menggunakan bahan tambah aspal dan cairan anti rayap terhadap nilai MQ dapat dilihat pada Gambar 6 berikut:



Gambar 6. Grafik Perbandingan nilai MQ campuran tanpa bahan tambah dengan menggunakan bahan tambah

Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa terjadinya penurunan nilai yang cukup besar pada nilai *Marshall Quotient* setelah ditambahkan dengan aspal dan cairan anti rayap dan masih berada diatas batas minimal berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Pada nilai MQ yang tinggi menunjukkan kekakuan pada campuran aspal.

D.5 Penentuan Bahan Tambah Optimum

D.5.1 Kadar Bahan Tambah Aspal Optimum

Hasil pengujian *Marshall* setiap kadar aspal diperoleh dari rata-rata 3 benda uji. Kemudian Setelah didapat nilai rata-rata pengujian *Marshall* pada setiap

pengujian, maka dilakukan penggambaran grafik untuk mendapatkan nilai Kadar Bahan Tambah (KBTO Kadar Aspal Optimum ditentukan dengan melakukan pengujian *Marshall* pada benda uji dengan persentase aspal 0,5%, 1%, 1,5% dan 2%, dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Hasil Pengujian *Marshall* dengan Bahan Tambah Aspal

Sifat - Sifat Material Yang Diuji (Nilai Rata - Rata)	Kadar Bahan Tambah Aspal (%)	Hasil Pengujian Campuran Aspal	Spesifikasi	
		Kadar cairan anti Rayap 0%	min	mak
Rongga dalam Mineral Agregat (VMA), %	0,5	16,98	14	-
	1	15,68		
	1,5	18,76		
	2	16,83		
Rongga dalam Campuran (VIM), %	0,5	6,36	3	5
	1	3,67		
	1,5	6,00		
	2	2,53		
Rongga Terisi Aspal (VFA), %	0,5	62,64	65	-
	1	76,62		
	1,5	70,88		
	2	84,99		
Stabilitas (dengan Kalibrasi Alat), Kg	0,5	2406,55	800	-
	1	2573,39		
	1,5	2178,46		
	2	1970,92		
Kelelehan (Flow), mm	0,5	4,30	2	4
	1	4,73		
	1,5	6,80		
	2	7,53		
Marshall Quotient (Kg/mm)	0,5	610,03	250	-
	1	590,98		
	1,5	351,77		
	2	263,94		

Setelah diperoleh nilai rata-rata pengujian *Marshall* berdasarkan tabel, maka dilakukan penggambaran grafik karakteristik *Marshall* untuk mendapatkan nilai Kadar Bahan Tambah Optimum (KBTO). Hasil input dari garis lengkung

digambarkan berupa garis hitam yang merupakan kadar bahan tambah yang memenuhi spesifikasi, berdasarkan batas pada garis merah. Dapat dilihat pada Gambar 7 berikut:

D.5.2 Kadar Bahan Tambah Cairan Anti Rayap Optimum

Setelah diambil nilai rata-rata dari 3 sampel maka hasil pengujian pada kadar bahan tambah cairan anti rayap 0,5%, 1%, 1,5% dan 2%. Kemudian Setelah didapat

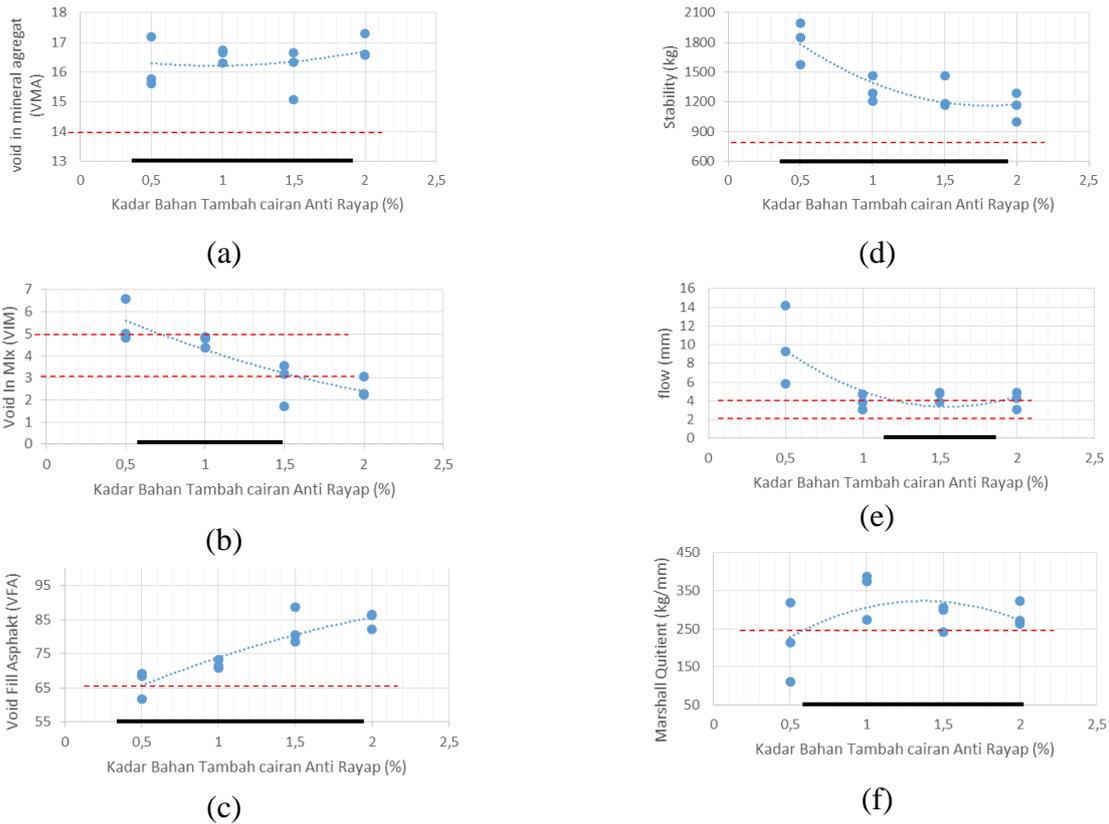
nilai rata-rata pengujian *Marshall* setiap pengujian, maka dilakukan penggambaran grafik untuk mendapatkan nilai Kadar Bahan Tambah (KBTO). dapat dilihat pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Hasil Pengujian *Marshall* dengan Bahan Tambah Cairan Anti Rayap

Sifat - Sifat Material Yang Diuji (Nilai Rata - Rata)	Kadar Cairan anti rayap (%)	Hasil Pengujian Campuran Aspal	Spesifikasi	
		Kadar Bahan Tambah Aspal 0%	min	mak
Rongga dalam Mineral Agregat (VMA) , %	0,5	16,19	14	-
	1	16,56		
	1,5	16,02		
	2	16,83		
Rongga dalam Campuran (VIM) , %	0,5	5,47	3	5
	1	4,67		
	1,5	2,82		
	2	2,52		
Rongga Terisi Aspal (VFA), %	0,5	66,38	65	-
	1	71,79		
	1,5	82,58		
	2	85,04		
Stabilitas (dengan Kalibrasi Alat) , Kg	0,5	1808,95	800	
	1	1317,13		
	1,5	1270,97		
	2	1152,22		
Kelelahan (Flow), mm	0,5	9,77	2	4
	1	3,90		
	1,5	4,53		
	2	4,10		
Marshall Quotient (Kg/mm)	0,5	214,97	250	-
	1	345,51		
	1,5	281,84		
	2	285,72		

Penggambaran grafik karakteristik Marshall untuk mendapatkan nilai KBTO yaitu berdasarkan nilai yang terdapat pada Tabel 8. Kemudian hasil rata-rata digambarkan dalam bentuk grafik, dapat terlihat pada Gambar 7. Garis merah putus-putus merupakan batas minimum dan maksimum spesifikasi, sedangkan

garis hitam adalah batas kadar bahan tambah yang memenuhi spesifikasi. Grafik ini bertujuan untuk menggambarkan Tabel 9 yang merupakan metode pita dari Bina Marga 2010 revisi 3 untuk mendapatkan kadar bahan tambah residu cairan anti rayap yang Optimum.



Gambar 7. Grafik hasil pengujian karakteristik Marshall

Dari Gambar 7 maka ditentukan Kadar Bahan Tambah Optimum (KBTO) yang merupakan hasil input dari garis

hitam yang merupakan standar perhitungan dari Bina Marga 2010 revisi 3, dapat dilihat Pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9. Penentuan Kadar Bahan Tambah Optimum Residu

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Bahan Tambah
1	Satability (Kg)	800	
2	Flow (mm)	2 - 4	
3	VIM (%)	3 - 5	
4	VFA (%)	Min 65	
5	VMA (%)	Min 14	
6	MQ (Kg/mm)	Min 250	
KBTO (%)			$\frac{(1,2 + 1,6)}{2} = 1,40\%$

Pada grafik di atas Kadar Bahan Tambah Optimum (KBTO) terdapat pada campuran diambil rata-rata dari batas nilai di atas. sehingga nilai kadar aspal optimumnya yaitu pada 1,4%. Maka pada bahan tambah 1,4 % merupakan bahan tambah yang paling optimum apabila dilakukan pengujian untuk sampel selanjutnya.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

1. Pengaruh penambahan aspal penetrasi 60/70 pada campuran AC-WC berdasarkan nilai rata-rata, nilai VMA, VFA, stabilitas dan MQ sudah memenuhi spesifikasi. Sedangkan nilai VIM hanya pada variasi 1% dengan nilai rata-rata 3,67% yang memenuhi spesifikasi. Sedangkan nilai *flow* terlalu besar

- dengan nilai tertinggi 7,53% karena campuran terlalu plastis dan bahan tambah perlu dikurangi.
2. Penambahan cairan anti rayap berdasarkan nilai rata-rata, hanya pada bahan tambah 1% karakteristik *marshall* sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Nilai VMA, VFA dan Stabilitas semua variasi sudah memenuhi dan nilai *flow* dan VIM pada variasi 0,5%, 1,5%, dan 2% belum memenuhi sedangkan nilai MQ hanya pada bahan tambah 0,5% tidak memenuhi. Pada grafik terdapat nilai yang berbeda dengan variasi yang sama, selain itu grafik tidak konsisten dalam perhitungan secara teoritis. Hal ini disebabkan material RAP diambil pada beberapa segmen sehingga material tidak *homogen*.
 3. Pada pengujian pada bahan tambah aspal tidak ada kadar bahan tambah optimum. Sedangkan pada bahan tambah cairan anti rayap didapatkan kadar bahan tambah optimum pada 1,4%, variasi ini merupakan campuran yang paling baik digunakan berdasarkan rujukan Bina Marga 2010 revisi 3.

E.2 Saran

Untuk penyempurnaan hasil penelitian serta untuk mengembangkan penelitian yang lebih lanjut disarankan untuk melakukan penelitian dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Pengambilan bahan bongkahan yang digunakan sebagai bahan penelitian diusahakan terletak atau berasal dari satu *station* sehingga kualitas material yang diperoleh *homogen*.
2. Penentuan jenis perkerasan, gradasi campuran dan kadar aspal dari perkerasan awal dan perkerasan hasil daur ulang perlu diperhitungkan, agar penelitian memberikan hasil yang baik dan memuaskan.
3. Disarankan dapat dilakukan juga penelitian menggunakan cairan anti rayap dan aspal dengan variasi yang

lebih kecil yaitu dengan bahan tambah 0,1%, 0,2%, 0,3% dan 0,4% agar campuran tidak terlalu plastis serta memenuhi spesifikasi bina marga 2010 revisi 3.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.2018.<https://id.m.wikipedia.org/wiki/residu>. Diakses tanggal 10/10/2018.
- Bina Marga. 2003. RSNI-M-01. *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum. Jenderal Bina Marga.
- Epps J. A., Little D. N. and Holmgreen R. J. 1980. *Guidelines for Recycling Pavement Materials*. Transportation Research Board. Washington D. C.
- Lehtimaki, H. 2012. *Rejuvenating RAP with light oil products and a new mixing method for hot in-plant recycling*. In *Via 2012 Congress*. Espoo: Aalto University.
- Putrowijoyo, Rian. 2006. *Kajian Laboratorium Sifat Marshall Dan Durabilitas Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland Dan Abu Batu Sebagai Filler*. Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Qiu, J., E. van de Ven Schlangen, and M. Shirazi. 2013. *Reintroducing the Intrinsic SelfHealing Properties in Reclaimed Asphalt by Rejuvenation*. *Proceeding of the 4th International Conference on Self-Healing Materials*. Ghent: Ghent University.
- Riyanto, A. 1996. *Jalan Raya III*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.
- Sumatri, Bambang. t.th. *Pengaruh Peremaja Oli Bekas Dan Solar Terhadap Karakteristik Marshall Perkerasan Daur Ulang Dengan Asbuton*. Skripsi. Universitas Brawijaya.