

ANALISA CAMPURAN AC-WC PEN 60/70 DENGAN AGREGAT *RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT* (RAP) DAN FILLER ABU BATU SEBAGAI CAMPURAN UNTUK PENAMBAHAN *LOW DENSITY POLYETHYLENE* (LDPE)

Arsandy Brian Permana

Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: arsandy73@gmail.com

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

Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: purwomahardi@unesa.ac.id

Abstrak

Pada akhir ini, banyak pekerjaan pengaspalan jalan baru maupun penambalan. Dari pekerjaan tersebut, menimbulkan limbah aspal yang tidak dimanfaatkan kembali. Sehingga dapat menimbulkan masalah baru yaitu timbulnya limbah aspal atau yang disebut RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*). Pada penelitian ini yang ditinjau adalah pengaruh RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sebagai pengganti agregat dengan menggunakan filler abu batu pada campuran aspal pertamina pen 60/70 sebagai dasar campuran penambahan limbah plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*). Oleh sebab itu penggunaan RAP menjadi salah satu alternatif yang digunakan untuk mendapatkan kualitas lapis perkerasan yang baik dan memanfaatkan kembali limbah perkerasan lentur.

Benda uji yang disiapkan untuk campuran AC-WC+RAP dengan persentase aspal 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dari total berat material. Pencampuran agregat AC-WC+RAP dilakukan dengan metode kering, dicampur diatas penggorengan.

Dari hasil uji Marshall menunjukkan seluruh kadar aspal telah memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 divisi 6. Nilai stabilitas dan flow optimum ada pada variasi 3 dengan kadar aspal 6% yaitu 1287,18 Kg untuk stabilitas dan 3,5 mm untuk flow. Dimana variasi 3 mensubstitusi material asli agregat halus ke penggunaan material RAP yang sangat maksimal yaitu sebesar 46%.

Kata Kunci : Karakteristik Marshall, Laston AC-WC, *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), *Low Density Polyethylene* (LDPE)

Abstract

At the end of this time, a lot of paving work is new and patching. From this work, it creates asphalt waste which is not reused. So that it can cause new problems, namely the emergence of asphalt waste or what is called RAP (Reclaimed Asphalt Pavement). In this study the effects of RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) as an aggregate substitute were used by using rock ash filler on pertamina pen 60/70 asphalt mixture as a mixture base for adding plastic waste LDPE (Low Density Polyethylene). Therefore, the use of RAP is one of the alternatives used to obtain good quality pavement layers and reuse of flexible pavement waste.

Test specimens prepared for AC-WC + RAP mixture with asphalt percentage of 4.5%; 5%; 5.5%; 6%; 6.5%; of total material weight. Mixing of AC-WC aggregate + RAP is done by the dry method, mixed on a frying pan.

From the Marshall test results, it shows that all asphalt levels meet the general specifications of Bina Marga 2018 division 6. The optimum value of stability and flow is in variation 3 with asphalt content of 6%, which is 1287.18 Kg for stability and 3.5 mm for flow. Where variation 3 substitutes fine aggregate original material to the maximum maximum use of RAP material, which is 46%.

Keywords : Marshall characteristics, AC-WC Laston, *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), *Low Density Polyethylene* (LDPE)

PENDAHULUAN

Jalan merupakan infrastruktur dasar dan utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan daerah, mengingat penting dan strategisnya fungsi jalan untuk mendorong distribusi barang dan jasa sekaligus mobilitas penduduk. Jalan terdiri dari beberapa material, contohnya aspal. Aspal terbuat dari minyak mentah, melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama-sama material lain (The Blue Book–Building & Construction, 2009).

Aspal merupakan bahan pengikat yang digunakan pada perkerasan lentur. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan akibat beban muatan kendaraan adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan tersebut. Oleh sebab itu penggunaan bahan tambah (*additive*) menjadi salah satu alternatif yang digunakan untuk mendapatkan kualitas lapis perkerasan yang baik yaitu dengan menambahkan limbah plastik pada campuran beraspal.

Sampah plastik tipe LDPE cukup menyumbang bertambahnya limbah plastik. *Low Density Polyethylene* (LDPE) yaitu plastik tipe cokelat (*thermoplastic*, dibuat dari minyak bumi), biasa dipakai untuk tempat makanan, plastik kemasan, dan botol yang lembek. Bahan LDPE ini sulit dihancurkan, tetapi baik untuk tempat makanan karena sulit bereaksi secara kimiawi dengan makanan yang dikemas dengan bahan ini. LDPE juga memiliki ketahanan kimia yang sangat tinggi, namun melarut dalam benzena dan tetrachlorocarbon (CCl₄) (Billmeyer, 1971 dalam Sari Permata Dian, 2014)

Pada penelitian ini yang ditinjau adalah pengaruh penambahan limbah plastik LDPE sebagai bahan tambah serta *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) sebagai pengganti agregat dengan menggunakan filler abu batu pada campuran aspal beton terhadap karakteristik *Marshall* yang meliputi *stability*, *flow*, *void in mineral aggregate* (VMA), *void in mix* (VIM), *void filled with asphalt* (VFA) dan *Marshall Quotient* (QM). Penelitian ini menggunakan campuran aspal Laston AC-WC spesifikasi Bina Marga 2010 yang diuji dengan metode *Marshall* dengan beberapa variasi perbandingan benda uji.

Tujuan penelitian yang ingin di capai adalah mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik LDPE serta penggunaan RAP sebagai pengganti agregat dengan menggunakan filler abu batu sebagai bahan campuran Laston AC-WC terhadap karakteristik Marshall.

KAJIAN PUSTAKA

A. Perkerasan Jalan

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

- 1) Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan – lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- 2) Konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (Portland Cement) sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
- 3) Konstruksi perkerasan komposit (*Composite Pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Perbedaan utama antara perkerasan kaku dan lentur pada Tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1. Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
Bahan Pengikat	Aspal	Semen
Repetisi Beban	Timbul <i>Rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
Penurunan Tanah Dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
Perubahan Temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber : Sukirman, S., (1992), Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.

B. Beton Aspal

Beton Aspal (*Hotmix*) adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal apa yang akan digunakan (Sukirman, 2003). Terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas,

ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*).

C. Agregat

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu yaitu 90 – 95% agregat.



Gambar 1. Macam Ukuran Agregat

Sumber : PT. Merakindo Mix, Driyorejo, Gresik.

D. Aspal

Menurut Irianto (1988) dan Sukirman (1999), aspal beton adalah suatu bahan yang terdiri dari campuran antara batuan (agregat kasar dan agregat halus) dengan bahan ikat aspal yang mempunyai persyaratan tertentu, dimana kedua material sebelum dicampur secara homogen, harus dipanaskan terlebih dahulu. Karena dicampur dalam keadaan panas, maka sering disebut sebagai *hotmix*. Semua pekerjaan pencampuran *hotmix* dilakukan di pabrik pencampur yang disebut sebagai *Asphalt Mixing Plant* (AMP).

E. AC – WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*)

Adalah lapis beton aspal (laston) atau lapis aus untuk permukaan jalan. Biasanya tidak terlalu tebal sekitar 5 cm, bersifat lentur untuk dapat menerima gerakan lapis di bawahnya tanpa mengalami retak. Menurut (Sukirman, 2003) laston (Lapisan Aspal Beton) adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat.

F. *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP)

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) adalah perkerasan jalan yang telah rusak akut yang kemudian digali dan dihancurkan menjadi semacam agregat. (Sunarjono, dkk., 2012). *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) adalah alternatif pengganti material baru yang berguna karena dapat mengurangi penggunaan agregat

baru dan jumlah aspal baru yang dibutuhkan dalam memproduksi campuran aspal panas.

G. Sampah Plastik *Low Density Polyethylene*

Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 g/mL, separuhnya berupa kristalin (50-60%) dan memiliki titik leleh 115°C (Billmeyer, 1971 dalam Sari Permata Dian, 2014).

Kebanyakan LDPE dipakai sebagai pelapis komersial, plastik, lapisan pelindung sabun, dan beberapa botol yang fleksibel. Kelebihan LDPE sebagai material pembungkus adalah harganya yang murah, proses pembuatan yang mudah, sifatnya yang fleksibel, dan mudah didaur ulang. Selain itu, LDPE mempunyai daya proteksi yang baik terhadap uap air, namun kurang baik terhadap gas lainnya seperti oksigen. LDPE juga memiliki ketahanan kimia yang sangat tinggi, namun melarut dalam benzena dan *tetrachlorocarbon* (CCl₄) (Billmeyer, 1971 dalam Dian, 2014).

H. Rancangan Campuran Aspal (*Asphalt Mix Design Formula*)

Rancangan campuran dilaksanakan setelah pemeriksaan apakah agregat dan aspal yang akan dipergunakan memenuhi spesifikasi material campuran. Di Indonesia terdapat dua metode rancangan campuran, yaitu metode Marshall yang dikembangkan oleh The Asphalt Institute dan metode CQCMU yang dikembangkan di Indonesia mengacu pada British Standard (Sukirman, 2007).

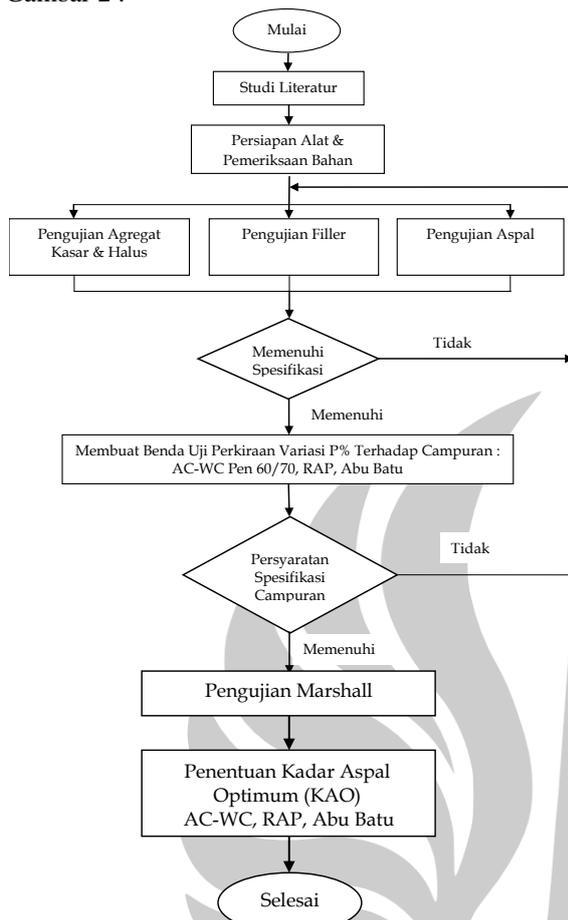
I. Marshall Test

Pengujian Marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum dan dinyatakan dalam milimeter.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, dimana proses menemukan pengetahuan menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis. Penelitian ini merupakan eksperimen yang menguji lapis aspal beton hotmix pada AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) terhadap karakteristik marshall menggunakan alat *marshall test*. Benda uji yang digunakan adalah aspal, agregat halus, agregat kasar, *filler*, serta penambahan limbah plastik tipe LDPE. Dalam hal ini, agregat kasar disubstitusi menggunakan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) atau aspal daur ulang. Beberapa hal yang harus dipersiapkan untuk proses penelitian

terdapat pada bagan alur yang ditunjukkan dalam Gambar 2 :



Gambar 2. Flow Chart Penelitian

Tempat dan Lokasi Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya dan di PT. Merakindo Mix.

Variabel bebas adalah variabel yang menyebabkan atau mempengaruhi, yaitu faktor – faktor yang diukur, dimanipulasi atau dipilih. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah AC-WC, RAP. Variabel kontrol merupakan variabel yang keadaannya tergantung pada variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel kontrolnya adalah hasil dari trial and error yang dilakukan peneliti. Variabel bebas yang digunakan adalah AC-WC, RAP. Sedangkan untuk variabel terikat adalah AC-WC Pen 60/70.

1. Perencanaan Campuran dengan Metode Marshall

Rancangan campuran metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar dari metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis

kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk.

2. Melakukan Pengujian Campuran

Dalam tugas akhir ini, pada akhirnya kedua jenis campuran beraspal akan dilakukan uji Marshall pada kadar aspal optimum yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik perkerasan. Nilai-nilai kepadatan, *VMA*, *VFB*, *VIM (Marshall)*, *VFA*, stabilitas, kelelahan, dan hasil bagi Marshall inilah yang akan digunakan sebagai dasar perbandingan kedua jenis campuran.

3. Melakukan Analisa terhadap Hasil Pengujian

Setelah pengujian Marshall dilakukan terhadap seluruh benda uji, kemudian dilakukan analisis terhadap data yang diperoleh. Dari hasil pengujian didapatkan nilai-nilai kepadatan, stabilitas, *flow*, *VMA*, *VFA*, *VIM Marshall*, *VIM PRD*. Kemudian untuk masing-masing parameter yang tercantum dalam persyaratan campuran, digambarkan batas-batas spesifikasi ke dalam grafik dan ditentukan rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan.

4. Menganalisa Perhitungan Karakteristik Marshall

Setelah pengujian Marshall dilanjutkan dengan analisa data yang diperoleh. Analisa yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai-nilai Marshall yang digunakan untuk mengetahui karakteristik campuran kedua benda uji, yaitu benda uji yang menggunakan aspal AC-WC pen 60/70, Abu Batu dengan campuran Aspal AC-WC pen 60/70, RAP, Abu Batu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun material yang akan digunakan antara lain :

1. CA (Course Agregat) dengan ukuran 10-15 mm.
2. MA (Medium Agregat) dengan ukuran 5-10 mm.
3. FA (Fine Agregat) dengan ukuran 0-5 mm.
4. RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) dengan ukuran 0-5 mm, 5-10 mm, dan 10-15 mm.
5. Filler dengan menggunakan Abu Batu.

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 2. Gradasi Gabungan Agregat dan RAP Variasi 1

SIEVE	RAP (10-15)		Agregat Sedang (5-10)		Agregat Halus (0-5)		Filler Abu Batu		TOTAL	SPESIFIKASI
NO :	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 3. Gradasi Gabungan Agregat dan RAP Variasi 2

SIEVE	Agregat Kasar (10-15)		RAP (5-10)		Agregat Halus (0-5)		Filler Abu Batu		TOTAL	SPESIFIKASI
NO :	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 4. Gradasi Gabungan Agregat dan RAP Variasi 3

SIEVE	Agregat Kasar (10-15)		Agregat Sedang (5-10)		RAP (0-5)		Filler Abu Batu		TOTAL	SPESIFIKASI
NO :	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 5. Gradasi Gabungan Agregat dan RAP 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	17,0	100	30,0	100	46,0	100	7,0	100	
3/4*	100	17,0	100	30,0	100	46,0	100	7,0	100	100
1/2*	74,6	12,7	100	30,0	100	46,0	100	7,0	95,7	90 - 100
3/8*	29,9	5,1	86,6	26,0	100	46,0	100	7,0	84,1	77 - 90
No: 4	2,3	0,4	32,4	9,7	100	46,0	100	7,0	63,1	53 - 69
8	0,4	0,1	7,3	2,2	70,1	32,2	100	7,0	41,5	33 - 53
16	0,2	0,0	3,1	0,9	40,0	18,4	100	7,0	26,3	21 - 40
30			1,4	0,4	18,7	8,6	100	7,0	16,0	14 - 30
50					8,2	3,8	100	7,0	10,8	9 - 22
100							99,30	6,95	7,0	6 - 15
200							99,10	6,94	6,9	4 - 9

Tabel 6. Gradasi Gabungan Agregat dan RAP 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	14,0	100	34,0	100	45,0	100	7,0	100	
3/4*	100	14,0	100	34,0	100	45,0	100	7,0	100	100
1/2*	70,8	9,9	100	34,0	100	45,0	100	7,0	95,9	90 - 100
3/8*	35,1	4,9	69,7	23,7	100	45,0	100	7,0	80,6	77 - 90
No: 4	8,2	1,2	24,4	8,3	100	45,0	100	7,0	61,5	53 - 69
8	0,6	0,1	5,2	1,8	70,1	31,5	100	7,0	40,4	33 - 53
16	0,1	0,0	3,1	1,1	40,0	18,0	100	7,0	26,1	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							99,25	6,95	6,9	6 - 15
200							99,10	6,94	6,9	4 - 9

Tabel 7. Gradasi Gabungan Agregat dan RAP 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	17,0	100	34,0	100	42,0	100	7,0	100		
3/4*	100	17,0	100	34,0	100	42,0	100	7,0	100	100	
1/2*	70,8	12,0	100	34,0	100	42,0	100	7,0	95,0	90 - 100	
3/8*	35,1	6,0	86,6	29,4	100	42,0	100	7,0	84,4	77 - 90	
No: 4	8,2	1,4	32,4	11,0	99,34	41,7	100	7,0	61,1	53 - 69	
8	0,6	0,1	7,3	2,5	81,45	34,2	100	7,0	43,8	33 - 53	
16	0,1	0,0	3,1	1,1	47,40	19,9	100	7,0	28,0	21 - 40	
30			1,4	0,5	28,66	12,0	100	7,0	19,5	14 - 30	
50					0,0	19,03	8,0	100	7,0	15,0	9 - 22
100							99,25	6,95	6,9	6 - 15	
200							99,10	6,94	6,9	4 - 9	

Setelah komposisi gradasi gabungan ditentukan, kemudian dilakukan perencanaan perkiraan kadar aspal. Rumus yang digunakan untuk menentukan kadar aspal rencana adalah sebagai berikut :

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

Dimana:

Pb = Kadar aspal rencana, persen terhadap berat campuran

CA = Agregat kasar, persen agregat tertahan saringan no. 8

FA = Agregat halus, persen agregat lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no. 200

FF = Agregat lolos ayakan no. 200

K = Konstanta (nilai K sekitar 0,5 sampai 1,0 untuk AC dan 2,0 – 3,0 untuk HRS).

$$\%CA = 100\% - 43,8\% = 56,2\%$$

$$\%FA = 43,8\% - 6,9\% = 36,9\%$$

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

Konstanta yang dipakai adalah 1

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

$$= 0,035 (56,2\%) + 0,045 (36,9\%) + 0,18 (6,9\%) + 1$$

$$= 1,967\% + 1,661\% + 1,242\% + 1$$

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

Berdasarkan hasil perhitungan di atas diperoleh kadar aspal rencana yang akan digunakan (Pb = 5,5%). Pada penelitian ini, untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) maka dibuat variasi 5

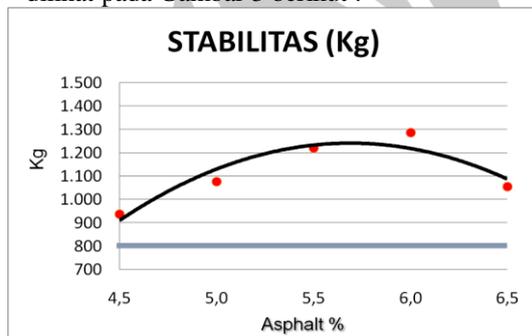
kadar aspal dengan jumlah benda uji 15 buah benda uji untuk uji test marshall, masing - masing kadar aspal diwakili oleh 3 benda uji yang dirata-rata dalam jenis tes yang akan dilakukan. Variasi kadar aspal yang digunakan adalah (Pb - 1)%, (Pb - 0,5)%, (Pb), (Pb + 0,5)%, (Pb + 1)%.

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 2018 divisi 6. Serta dipilih variasi 3 juga berdasarkan substitusi material asli agregat halus ke penggunaan material RAP yang sangat maksimal yaitu sebesar 46%.

Pengujian ini untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran, yang kemudian di analisa untuk memenuhi karakteristik campuran. Berikut analisis hasil pengujian Marshall untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) :

1. Stabilitas

Hasil dari pengujian stabilitas pada laston AC-WC dengan RAP mengalami kenaikan pada variasi 3 yaitu substitusi agregat halus dengan RAP sebesar 46%. Hasil nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Grafik Nilai Stabilitas AC-WC+RAP
Sumber : Hasil Analisa Peneliti di PT. Merakindo Mix

Nilai stabilitas yang maksimum didapat pada penambahan kadar aspal 6%. Namun, setiap kadar aspal pada campuran AC-WC dengan RAP masih memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 Divisi 6 seperti analisis pada Tabel 8 berikut :

Tabel 8. Analisis Terhadap Nilai Stabilitas

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	Spesifikasi (Kg)	Keterangan
4,5	938,12	Min. 800 Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6	Memenuhi
5	1077,74		Memenuhi
5,5	1221,73		Memenuhi
6	1287,18		Memenuhi
6,5	1055,93		Memenuhi

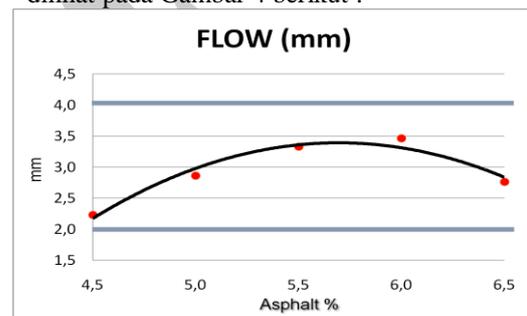
Sumber : Hasil Analisa Peneliti di PT. Merakindo Mix

Dapat ditarik kesimpulan bahwa lapisan aspal beton AC-WC dengan RAP memiliki hasil stabilitas diatas

batas minimum spesifikasi umum Bina Marga 2018 Divisi 6. Campuran Laston AC-WC + RAP memenuhi kemampuan perkerasan jalan dalam menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding* yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat yang membutuhkan nilai stabilitas tinggi.

2. Flow (Kelelehan)

Hasil dari pengujian *flow* pada laston AC-WC dengan RAP rata-rata mengalami peningkatan pada setiap penambahan kadar aspal, namun menurun pada kadar aspal 6,5%. Nilai ini masih dalam batas spesifikasi umum Bina Marga 2018 Divisi 6. Hasil nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 4 berikut :



Gambar 4. Grafik Nilai Flow AC-WC+RAP
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix

Dari hasil penelitian, membuktikan nilai *flow* pada campuran AC-WC+RAP mengalami peningkatan serta penurunan pada setiap kadar penambahan aspal. Pada kadar aspal 4,5% - 6,5% ini terjadi peningkatan maupun penurunan nilai *flow*, namun masih dalam batas spesifikasi umum Bina Marga 2018 Divisi 6 yaitu 2-4 mm. Seperti pada Tabel 9 berikut :

Tabel 9. Analisis Terhadap Nilai Flow

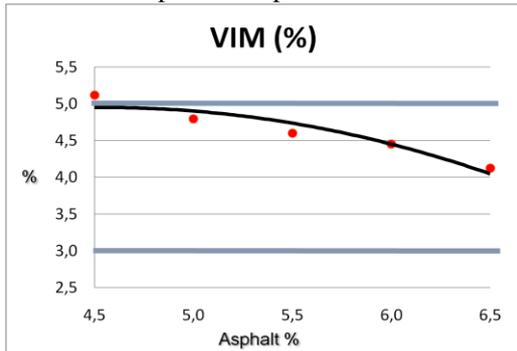
Kadar Aspal (%)	Flow (mm)	Spesifikasi (mm)	Keterangan
4,5	2,2	2 - 4 Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6	Memenuhi
5	2,9		Memenuhi
5,5	3,3		Memenuhi
6	3,5		Memenuhi
6,5	2,8		Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa Peneliti di PT. Merakindo Mix

Dengan nilai *flow* tertinggi pada kadar aspal 6% yaitu 3,5 mm sedangkan nilai *flow* terendah pada kadar aspal 4,5% yaitu 2,2 mm. Dengan ini menunjukkan campuran AC-WC+RAP bahwa campuran bersifat plastis tetapi juga tetap elastis agar memenuhi kemampuan perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas secara merata.

3. VIM (Void In Mix)

Hasil pengujian VIM pada campuran AC-WC+RAP dapat dilihat pada Gambar 5 berikut :



Gambar 5. Grafik Nilai VIM AC-WC+RAP
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix

Dapat dilihat bahwa penurunan nilai VIM pada campuran AC-WC+RAP lebih banyak disetiap penambahan kadar aspal. Hal ini menunjukkan campuran penambahan aspal mempunyai pori udara yang lebih sedikit dikarenakan aspal yang leleh dan mengisi pori udara. Seperti pada Tabel 4 berikut :

Tabel 10. Analisis Terhadap Nilai VIM

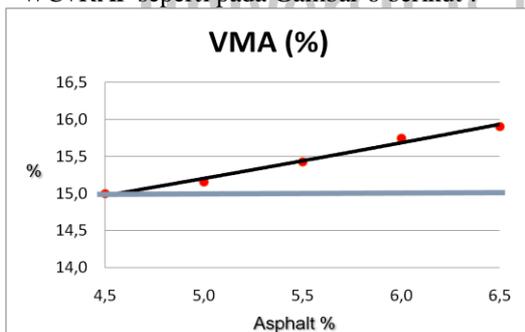
Kadar Aspal (%)	VIM (%)	Spesifikasi (%)	Keterangan
4,5	5,12	3 – 5 Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6	Tidak
5	4,80		Memenuhi
5,5	4,60		Memenuhi
6	4,46		Memenuhi
6,5	4,13		Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa Peneliti di PT. Merakindo Mix

Pada Tabel 10, semakin banyak penambahan kadar aspal, maka semakin menurun nilai VIM. Namun, nilai VIM masih memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 Divisi 6.

4. VMA (Void in the Mineral Agregate)

Hasil dari pengujian campuran AC-WC+RAP seperti pada Gambar 6 berikut :



Gambar 6. Grafik Nilai VMA AC-WC+RAP
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix

Penurunan nilai VMA dari campuran tersebut, masih diatas batas minimum spesifikasi umum Bina Marga Divisi 6. Dapat dilihat pada Tabel 11 berikut:

Tabel 11. Analisis Terhadap Nilai VMA

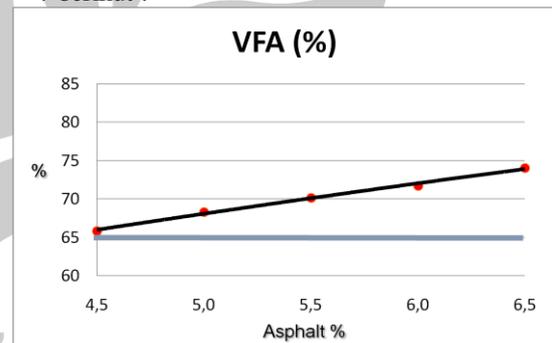
Kadar Aspal (%)	VMA (%)	Spesifikasi (%)	Keterangan
4,5	15,0	Min. 15 Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6	Memenuhi
5	15,2		Memenuhi
5,5	15,4		Memenuhi
6	15,7		Memenuhi
6,5	15,9		Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa Peneliti di PT. Merakindo Mix

Dapat dilihat pada Tabel 11, bahwa nilai VMA pada campuran AC-WC+RAP telah memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 Divisi 6. Dan nilai VMA cenderung turun dengan adanya penambahan kadar aspal. Hal ini menunjukkan rongga udara yang ada dalam benda uji campuran mengalami penurunan akibat dari melelehnya aspal dan mengisi rongga udara yang kosong tersebut.

5. VFA (Void Filled with Asphalt)

Hasil dari pengujian campuran AC-WC+RAP cenderung naik seperti pada Gambar 7 berikut :



Gambar 7. Grafik Nilai VFA AC-WC+RAP
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix

Pengujian pada kontrol AC-WC+RAP adalah terdapat peningkatan nilai VFA seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Nilai VFA dari campuran tersebut memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 Divisi 6, seperti pada Tabel 12 berikut :

Tabel 12. Analisis Terhadap Nilai VFA

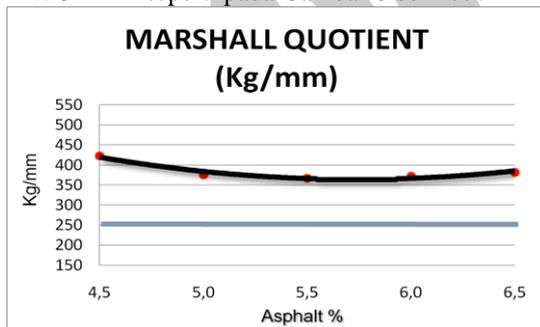
Kadar Aspal (%)	VMA (%)	Spesifikasi (%)	Keterangan
4,5	65,9	Min. 65 Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6	Memenuhi
5	68,3		Memenuhi
5,5	70,2		Memenuhi
6	71,7		Memenuhi
6,5	74,1		Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa Peneliti di PT. Merakindo Mix

Pada Tabel 12 nilai VFA pada campuran AC-WC+RAP telah memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 Divisi 6. Dan nilai VFA cenderung meningkat dengan penambahan kadar aspal. Hal ini menunjukkan terisinya rongga udara yang ada dalam benda uji campuran akibat dari melelehnya aspal.

6. MQ (Marshall Quotient)

Hasil dari pengujian campuran AC-WC+RAP seperti pada Gambar 8 berikut :



Gambar 8. Grafik Nilai MQ AC-WC+RAP
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix

Pengujian nilai MQ pada campuran AC-WC+RAP dapat dilihat pada Gambar 8 terdapat peningkatan dan penurunan nilai MQ dengan penambahan kadar aspal.

Tabel 13. Analisis Terhadap Nilai MQ

Kadar Aspal (%)	MQ (Kg/mm)	Spesifikasi (Kg/mm)	Keterangan
4,5	422,97	Min. 250 Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6	Memenuhi
5	376,20		Memenuhi
5,5	367,05		Memenuhi
6	372,55		Memenuhi
6,5	381,71		Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa Peneliti di PT. Merakindo Mix

Dapat dilihat pada Tabel 13, bahwa nilai MQ pada campuran AC-WC+RAP telah memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 Divisi 6.

7. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Penentuan kadar LDPE optimum dilakukan dengan cara mensortir analisis nilai dari hasil uji campuran AC-WC+RAP yang memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 Divisi 6. Analisis kadar LDPE meliputi parameter marshall yaitu stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, dan MQ. Analisis kadar LDPE optimum dapat dilihat pada Gambar 9 berikut :

ASPHALT CONTENT (%)					
Air Void	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Void Filled	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
VMA	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stability	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Flow	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
M.Quotient	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Asphalt Cont.	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5

Gambar 9. Analisis Kadar LDPE Optimum
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di PT. Merakindo Mix

Pada pengujian ini digunakan kadar aspal sebesar 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5%. Dari Gambar 9 tersebut, dapat dilihat bahwa hampir seluruh kadar plastik memenuhi spesifikasi. Namun untuk kadar aspal optimum pada komposisi campuran AC-WC+RAP dipilih pada kadar 6%. Dengan alasan nilai stabilitas dan *flow* yang tinggi dibandingkan dengan kadar aspal yang lain. Kemudian dilakukan kontrol kembali dari hasil kadar plastik optimum yang di dapat dengan membuat 3 benda uji berdasarkan kadar plastik paling optimum tersebut.

KESIMPULAN

Hasil penelitian dan pembahasan analisa campuran AC-WC Pen 60/70 dengan agregat *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dan filler abu batu sebagai campuran untuk penambahan *Low Density Polyethylene* (LDPE), maka diperoleh kesimpulan. Kadar aspal optimal pada kadar 6% dan gradasi RAP pada variasi 3 sebesar 46% sebagai pengganti agregat halus pada campuran AC-WC yang memberikan nilai stabilitas 1287,18 Kg; *flow* 3,5 mm; VIM 4,46%; VMA 15,7%; VFA 71,7%; dan MQ 372,55 Kg/mm. Nilai ini dianggap lebih baik karena memberikan suatu campuran yang sangat elastis namun tetap stabil sehingga campuran ini masih diatas batas minimal spesifikasi umum Bina Marga.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. *The Blue Book–Building & Construction*. 2009.

Dian dkk. *Mengatasi Masalah Sampah Plastik Melalui Pemanfaatan Limbah Topioka*. Program Kreativitas Mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian : Universitas Institut Pertanian Bogor. 2008.

Indonesia, student.
<http://www.indonesiastudents.com/pengertian-plastik-menurut-para-ahli/>
[Diakses tanggal 14 Febuari 2018]. 2017.

Ningrum, Anindya Andana. *Perbandingan Penggunaan Buton Granular Asphalt (BGA) Dan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Sebagai Bahan Substitusi Agregat Pada Campuran Aspal Wearing Course (Ac-Wc) Dengan Fly Ash Sebagai Filler*. Vol 2, No 2/REKATS/18 (2018).

Ramadhan, Rizky Putra. *Pengaruh Penambahan Limbah Plastik (PET) Terhadap Karakteristik Marshall Dan Permeabilitas Pada Aspal Berpori*. Vol 2, No 2/REKATS/17 (2017). Halaman 129-135.

Saodang, Hamirhan. *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Bandung : Nova, 2005.

Saputra, Herdi. *Analisa Pengaruh Penambahan Buton Rock Asphalt Sebagai Bahan Additive Terhadap Campuran Asphalt Concrete Wearing Course*. Tugas Akhir, Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya. 2014.

Spesifikasi Umum Bina Marga. Divisi 6. Tentang Perkerasan Aspal. 2018.

Sukirman, Silvia. *Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung : Nova, 1999.

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

Sukirman, Silvia. *Perkerasan Jalan Raya*. Bandung : Nova, 2003.

Sukirman, Silvia. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Granit, 2003.

Undang - Undang RI No 22. Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. 2009.

Undang - Undang RI No 38. Tentang Jalan. 2004.

Widi Wantoro, dkk. *Pengaruh Penambahan Plastik Bekas Tipe Low Density Polyethylene (LDPE) Terhadap Kinerja Campuran Beraspal*. Semarang : Universitas Diponegoro. 2013.

Wilis, Ayudya Retno. *Pengaruh Penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Lawele Granular Asphalt (LGA) Sebagai Bahan Substitusi Agregat Terhadap Karakteristik Marshall Dengan Tambahan Fly Ash Sebagai Filler*. Vol 2, No 2/REKATS/18 (2018).