

Analisa Campuran AC – WC dengan Agregat *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* dan *Filler Fly Ash* Sebagai Campuran Induk untuk Penambahan *High Density Polyethylene (HDPE)*

Karismanan

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

E-mail: karismanan33@gmail.com

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

Dosen Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya

E-mail:

Abstrak

Potensi *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* hasil *Cold Milling Machine* sebagai agregat baru dalam perkerasan jalan dan bahu jalan masih belum optimal penggunaannya. Dengan adanya potensi pemanfaatan RAP dalam campuran aspal panas maka dilaksanakan penelitian ini. Penggunaan RAP dalam campuran beraspal diharapkan dapat menghemat anggaran pemeliharaan atau pembangunan jalan serta mengetahui kemungkinan penggunaan RAP dalam perkerasan. Campuran aspal panas Laston AC-WC bergradasi kasar dengan bahan pengikat aspal pen 60/70, sehingga material RAP dapat dimanfaatkan lebih optimal.

Penelitian ini diawali dengan analisa saringan terhadap RAP dan material baru ditinjau dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Persentase penambahan agregat baru dalam campuran yang akan diuji bergantung pada gradasi RAP. Komposisi campuran harus memenuhi amplop gradasi agregat dan penambahan aspal pen 60/70 ke dalam campuran sesuai dengan perhitungan perkiraan kadar aspal (Pb). Didapatkan komposisi gradasi yang memenuhi amplop gradasi yaitu komposisi 21% RAP pada MA (*Medium Agregat*) dengan ukuran 5 - 10 mm dan CA (*Course Agregat*) dengan ukuran 10 - 15 mm. Campuran kemudian diuji dengan pengujian *Marshall* sehingga dapat menentukan komposisi campuran optimal yang memenuhi ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi campuran dengan 21% RAP pada CA (*Course Agregat*). Merupakan komposisi yang paling optimal dengan kadar aspal optimum (KAO) yang dihasilkan sebesar 5,25% pada campuran Variasi 2. Dengan analisa parameter *Marshall*, nilai stabilitas yaitu 1256,64 kg, kelelehan atau *flow* 3,25 mm, V.I.M 4,51%, V.M.A 15,12%, V.F.A 70,20%, dan *marshall quotient* 387,67 kg/mm.

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

Abstract

The potency of Reclaimed Asphalt Pavement from Cold Milling Machine as a substitution of new asphalt and aggregate in the pavement and road's shoulder is still not optimal use yet. By the potential of the use of RAP in Hot Mix Asphalt then this study The use of RAP in paved mixtures is expected to save maintenance or road construction budgets as well as knowing the possibility of using RAP in pavement. Coarse graded Hot Mix Asphalt Laston AC-WC with 60/70 pen asphalt binder, so that the materials can be optimally used.

This study was initiated by examining analysis of RAP and new materials to be reviewed of The Highways General Specification 2010. The percentage of addition new aggregate in the mixture that will be tested depends on the RAP's gradation. The composition of the mixtures must full fill aggregate grading envelope and the addition of 60/70 pen asphalt into the mixture according to calculation of estimated bitumen content (Pb). Obtained the compositions that meets the envelopegradation are the composition of 21% RAP on MA (Medium Aggregate) with a size of 5-10 mm and CA (Aggregate Course) with a size of 10-15 mm. A mixture of later in the test with testing marshall so it can determine the composition mix optimally filled the terms of The Highways General Specification 2010.

The result of this study shows that the mixture composition with 21% RAP on CA (Aggregate Course). The most optimal composition with optimum asphalt content (KAO) is 5.25% in the mixture of Variation 2. By the Marshall parameter analysis, the stability value is 1256.64 kg, melt or flow 3.25 mm, V.I.M 4.51%, V.M.A 15.12%, V.F.A 70.20%, and Marshall quotient 387.67 kg / mm.

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

PENDAHULUAN

peranan jalan adalah sebagai prasarana distribusi barang dan jasa dalam kaitannya pemerataan pertumbuhan perekonomian daerah juga berperan dalam memperkokoh kesatuan wilayah nasional. Mengingat pentingnya peranan jalan, dalam pelaksanaannya sesuai dengan yang tercantum dalam Undang-undang RI Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan. Pemerintah sebagai penyelenggara jalan wajib memprioritaskan pemeliharaan, perawatan dan pemeriksaan jalan secara berkala untuk mempertahankan tingkat pelayanan jalan sesuai dengan standar pelayanan minimal yang ditetapkan.

Jenis-jenis pemeliharaan jalan yang dilaksanakan berupa pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, rehabilitasi dan rekonstruksi (Menteri PU, 2011). Dalam pelaksanaan pemeliharaan badan jalan terdapat pekerjaan pengupasan/pengerukan perkerasan aspal lama untuk kemudian dilapis kembali dengan perkerasan aspal baru. Pengupasan lapis perkerasan aspal lama ini dilaksanakan dengan *cold milling machine* (mesin pengupas perkerasan beraspal tanpa pemanasan) maupun tanpa *cold milling machine*, yang disebut dengan cara manual menggunakan seperangkat alat berupa *asphalt cutter*, *jack hammer* dan lain-lain (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010). Hasil pengupasan aspal lama ini disebut dengan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dimana material ini berpotensi sebagai substitusi aspal dan agregat baru dalam perkerasan jalan dan bahu jalan sehingga dapat menghemat sumber daya alam, mengurangi konsumsi bahan bakar dan memperlambat laju kerusakan alam akibat penambangan (Hassan, 2009). Penggunaan RAP dalam campuran beraspal diharapkan dapat menghemat anggaran pemeliharaan atau pembangunan jalan.

Berbagai referensi pemanfaatan limbah RAP dan *fly ash* dapat dilakukan dengan menggunakannya sebagai agregat pada campuran aspal Laston AC-WC. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan penghematan material yang paling berpotensi dalam jumlah besar dan memenuhi persyaratan teknis untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Pada penelitian ini yang ditinjau adalah pengaruh penggunaan RAP 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)*, yang dimana kemudian hasil maksimum dengan KAO yang dihasilkan dapat dilanjutkan dengan penggunaan plastik HDPE untuk memperbaiki mutu campuran yang dihasilkan. Menciptakan aspal modifikasi dengan penambahan HDPE sebagai bahan polymer. Penelitian ini menggunakan campuran aspal Laston AC-WC spesifikasi Bina Marga 2010, metode *Marshall* dengan beberapa variasi perbandingan benda uji.

KAJIAN PUSTAKA

Pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama (Sukirman, 1999). Oleh karena itu lapisan permukaan mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Lapis perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
3. Lapis aus (*wearing course*) lapisan yang langsung menerima gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

Berdasarkan karakteristik campuran, menurut Sukirman (1999), Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran panas aspal beton adalah:

1. Stabilitas, lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami keruntuhan (*plastic flow*) atau terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Stabilitas terjadi dari hasil gesekan antar butir, pengunci antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan, sebagai berikut:
 - a. Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*).
 - b. Agregat dengan permukaan yang kasar.
 - c. Agregat berbentuk kubus.
 - d. Aspal dengan penetrasi rendah.
 - e. Aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir.
2. Durabilitas atau ketahanan, yaitu ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh cuaca, air, perubahan suhu, maupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah:
 - a. Film aspal atau selimut aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *beeding* menjadi tinggi.
 - b. *Voids In Mix (VIM)* kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh/getas.
 - c. *Voids in Mineral Agregat (VMA)* besar, sehingga selimut aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan

terjadinya *bleeding* besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.

3. Fleksibilitas, pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan.
 - a. Penggunaan agregat dengan bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
 - b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi).
 - c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.
4. *Skid Resistance* (Tahanan Geser/Kekesatan) adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau baah maupun diwaktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan dan ban kendaraan. Tahanan geser tinggi jika.
 - a. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tak terjadi *bleeding*.
 - b. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
 - c. Penggunaan agregat berbentuk kubus.
 - d. Penggunaan agregat kasar yang cukup.
5. Ketahanan Leleh (*Fatigue Resistance*) adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*ruting*) dan retak. Factor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah.
 - a. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
 - b. VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.
6. Permeabilitas adalah kemudahan campuran aspal dirembesi udara dan air.
7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*), Yang dimaksud kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. Faktor yang memenuhi dalam pelaksanaan adalah. Factor yang memenuhi dalam pelaksanaan adalah.
 - a. Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan dari pada agregat bergradasi lain.
 - b. Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
 - c. Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar.

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) adalah material hasil pengupasan atau pemrosesan ulang perkerasan yang berisi aspal dan agregat. Material ini timbul jika perkerasan aspal dikupas untuk direkonstruksi, pelapisan ulang atau untuk mengakses jaringan utilitas yang tertanam di bawahnya. Jika dikupas dan disaring dengan baik, RAP mengandung agregat yang bermutu tinggi dan bergradasi baik. RAP biasanya mengandung agregat dengan ukuran banyak yang lebih kecil sehingga perlu dilakukan penambahan agregat baru yang ukuran dan jumlahnya tertentu agar memenuhi spesifikasi gradasi yang berlaku. Setelah gradasi gabungan dan jumlah RAP ditentukan maka dilanjutkan dengan penentuan aspal baru untuk mencapai sifat-sifat aspal yang diinginkan dalam campuran (NAPA, 1996).

Dalam pembuatan bahan campuran beraspal yang mengandung RAP harus memenuhi spesifikasi sebagaimana campuran aspal yang terbuat dari material baru. Untuk itu di dalam perencanaan campuran aspal yang mengandung RAP, gradasi dan sifat-sifat fisik agregat dan aspal yang terkandung dalam RAP harus diketahui terlebih dahulu. Untuk mengetahui hal tersebut dilakukan dengan melakukan ekstraksi RAP dengan pelarut tertentu untuk memisahkan agregat aspal dan aspal yang terkandung di dalamnya. Larutan aspal tersebut kemudian didestilasi atau di-*recovery* untuk memisahkan aspal dari pelarutnya. Agregat yang diperoleh kemudian diayak untuk mengetahui gradasinya dan aspalnya diuji sifat-sifat fisiknya (NAPA, 1996).

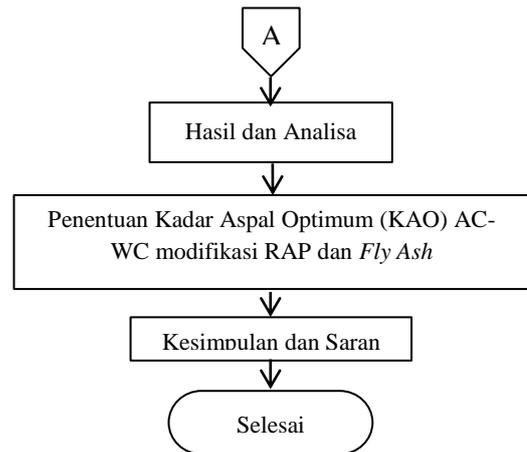
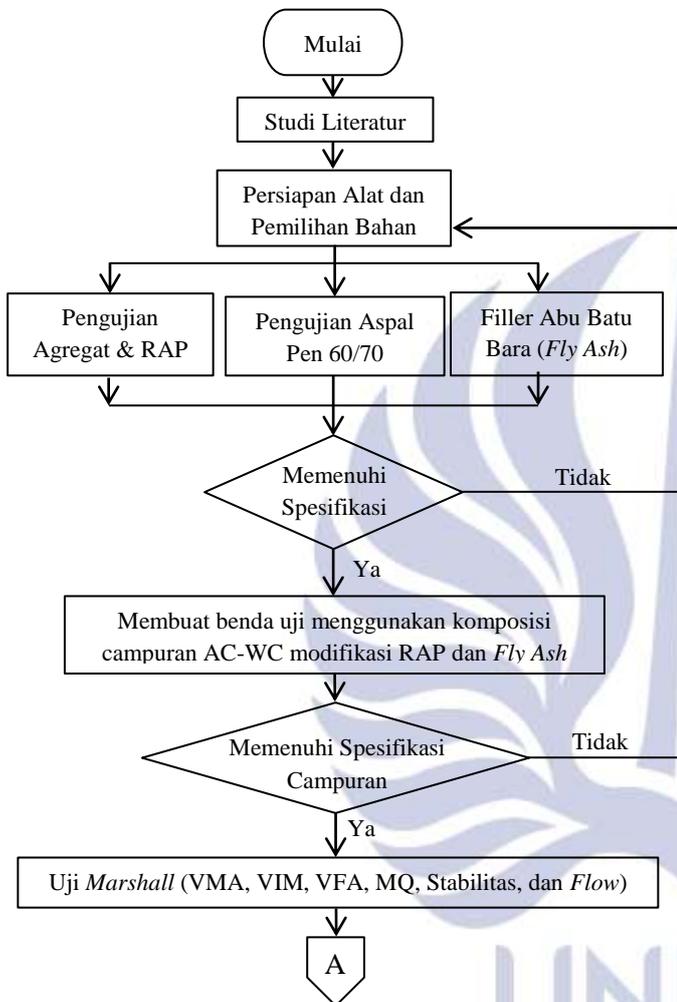
METODE PENELITIAN

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 *fly ash* 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*, dan aspal pen 60/70 untuk membuat benda uji.

Sasaran penelitian yang akan diteliti pada penelitian ini adalah kadar aspal optimum pada campuran beton aspal *Wearing-Course* (AC-WC) dengan menggunakan *reclaimed asphalt pavement* (RAP) dan *fly ash* sebagai *filler*. Variabel dalam penelitian ini dibagi menjadi variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang menyebabkan atau mempengaruhi, yaitu faktor-faktor yang diukur, dimanipulasi atau dipilih. Sedangkan variabel terikat adalah faktor-faktor yang diobservasikan dan diukur untuk menentukan adanya

pengaruh variabel bebas. Variabel bebas yang digunakan adalah kadar agregat RAP dan agregat baru. Sedangkan untuk variabel terikat adalah uji Marshall. Dengan parameter yang dicari stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, dan MQ.

Tahapan dan prosedur yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pemilihan jenis dan penetrasi pada aspal, aspal yang digunakan adalah aspal pertamina dengan pen 60/70. Kemudian dilakukan pengujian aspal, dari pengujian yang dilakukan, diperoleh nilai-nilai karakteristik material aspal, yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan Laston AC-WC. Adapun material yang akan digunakan antara lain :

1. FA (*Fine Agregat*) dengan ukuran 0-5mm.
2. MA (*Medium Agregat*) dengan ukuran 5 - 10 mm.
3. CA (*Course Agregat*) dengan ukuran 10 - 15 mm.
4. RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dengan ukuran 5 - 10 mm dan 10 -15 mm.
5. *Filler* dengan menggunakan *Fly Ash (Type F)*.

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 1 dan Tabel 2 berikut ini:

Tabel 1. Gradasi Gabungan Variasi 1

Sieve No.	Agregat Kasar (10-15 mm)		Agregat Sedang RAP (5-10 mm)		Agregat Halus (0-5 mm)		Filler <i>Fly Ash</i>		Total	Spesifikasi BM 2010
		37%		21%		40%		2%		
1"	100	37,0	100	21,0	100	40,0	100	2,0	100	-
3/4"	100	37,0	100	21,0	100	40,0	100	2,0	100	100
1/2"	81,2	30,0	100	21,0	100	40,0	100	2,0	93,0	90 - 100
3/8"	44,7	16,5	64,43	13,5	100	40,0	100	2,0	72,1	72 - 90
No.4	10,6	3,9	8,39	1,8	99,8	39,9	100	2,0	47,6	43 - 63
8	2,6	1,0	3,75	0,8	72,0	28,8	100	2,0	32,5	28 - 39,1
16	1,1	0,4	3,50	0,7	41,9	16,8	100	2,0	19,9	19 - 25,6
30	-	-	3,30	0,7	25,9	10,4	100	2,0	13,1	13 - 19,1
50	-	-	3,15	0,7	16,7	6,7	100	2,0	9,3	9 - 15,5
100	-	-	2,87	-	13,6	5,7	99,25	1,99	7,4	6 - 13
200	-	-	2,53	-	9,8	3,9	99,10	1,98	5,9	4 - 10

Sumber : Hasil analisis peneliti di PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik

Tabel 2. Gradasi Gabungan Variasi 2

Sieve No.	Agregat Kasar RAP (10-15 mm)		Agregat Sedang (5-10 mm)		Agregat Halus (0-5 mm)		Filler Fly Ash		Total	Spesifikasi BM 2010
		21%		32%		45%		2%		
1"	100	21,0	100	32,0	100	45,0	100	2,0	100	-
¾"	100	21,0	100	32,0	100	45,0	100	2,0	100	100
½"	74,97	15,7	100	32,0	100	45,0	100	2,0	94,7	90 – 100
3/8"	32,45	6,8	86,6	27,7	100	45,0	100	2,0	81,5	72 – 90
No.4	3,25	0,7	32,4	10,4	99,8	44,9	100	2,0	58,0	43 – 63
8	0,69	0,1	8,6	2,8	72,0	32,4	100	2,0	37,3	28 – 39,1
16	0,50	0,1	3,1	1,0	41,9	18,9	100	2,0	22,0	19 – 25,6
30	-	-	1,4	0,4	25,9	11,7	100	2,0	14,1	13 – 19,1
50	-	-	-	-	16,7	7,5	100	2,0	9,5	9 – 15,5
100	-	-	-	-	13,6	6,1	99,25	1,99	8,1	6 – 13
200	-	-	-	-	9,8	4,4	99,10	1,98	6,4	4 - 10

Sumber : Hasil analisis peneliti di PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik

Tabel 3. Proporsi Agregat Benda Uji Variasi 1

%	Agregat	Berat (gr)	Kumulatif (gr)
40%	0-5 mm	460,0	460,0
21%	5-10 mm	241,5	701,5
37%	10-15 mm	425,5	1127,0
2%	Fly Ash	23,0	1150,0

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

Tabel 4. Proporsi Agregat Benda Uji Variasi 2

%	Agregat	Berat (gr)	Kumulatif (gr)
45%	0-5 mm	517,5	517,5
32%	5-10 mm	368,0	885,5
21%	10-15 mm	241,5	1127,0
2%	Fly Ash	23,0	1150,0

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

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

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

Perhitungan,

$$\%CA = 100\% - 37,3\% = 62,7\%$$

$$\%FA = 37,3\% - 6,4\% = 30,9\%$$

$$\%FF = 6,4\%$$

Konstanta yang dipakai adalah 0,5

$$\begin{aligned} Pb &= 0,035(62,7\%) + 0,045(30,9\%) + 0,18(6,4\%) + 0,5 \\ &= 2,195\% + 1,391\% + 1,152\% + 0,5 \\ &= 5,238\% \text{ dibulatkan menjadi } 5\% \end{aligned}$$

di buat variasi dengan 5 kadar aspal dengan jumlah benda uji 10, benda uji masing-masing kadar 2 benda uji. Variasi kadar yang digunakan adalah (Pb – 1,0)%, (Pb -

0,5)%, (Pb)%, (Pb + 0,5)%, dan (Pb + 1,0)%, dijelaskan pada Tabel 4 berikut :

Tabel 5. Pembuatan Benda Uji Laston AC-WC Untuk Mendapatkan KAO Gradasi Gabungan

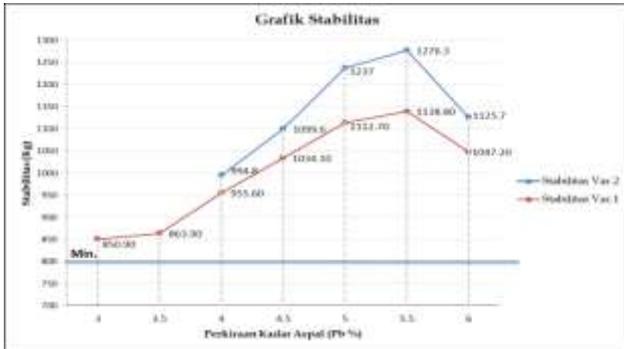
Pb	BU Var.1	BU Var.2	Keterangan
3,0 %	1 buah	-	Campuran AC-WC + RAP + Filler fly ash + Kadar aspal minyak Pb – 2,5 (%)
3,5 %	1 buah	-	Campuran AC-WC + RAP + Filler fly ash + Kadar aspal minyak Pb – 1,5 (%)
4,0 %	1 buah	2 buah	Campuran AC-WC + RAP + Filler fly ash + Kadar aspal minyak Pb – 1,0 (%)
4,5 %	1 buah	2 buah	Campuran AC-WC + RAP + Filler fly ash + Kadar aspal minyak Pb - 0,5 (%)
5,0 %	1 buah	2 buah	Campuran AC-WC + RAP + Filler fly ash + Kadar aspal minyak Pb (%)
5,5 %	1 buah	2 buah	Campuran AC-WC + RAP + Filler fly ash + Kadar aspal minyak Pb + 0,5 (%)
6,0 %	1 buah	2 buah	Campuran AC-WC + RAP + Filler fly ash + Kadar aspal minyak Pb + 1,0 (%)
Jumlah		17 buah	

Sumber : Hasil analisis peneliti di PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.

Hasil pengujian *marshall* ditinjau untuk mengetahui kinerja dari benda uji aspal diantaranya adalah nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), VIM, VMA, VFA dan MQ (*Marshall Quotient*). Pengujian ini untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran, yang kemudian di analisa untuk memenuhi karakteristik campuran.

a. Analisis Terhadap Nilai Stabilitas

Nilai stabilitas digunakan sebagai parameter untuk mengukur ketahanan terhadap kelelahan plastis dari suatu campuran aspal atau kemampuan campuran untuk menahan deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas. Nilai stabilitas untuk masing-masing campuran dapat dilihat pada Gambar 2.

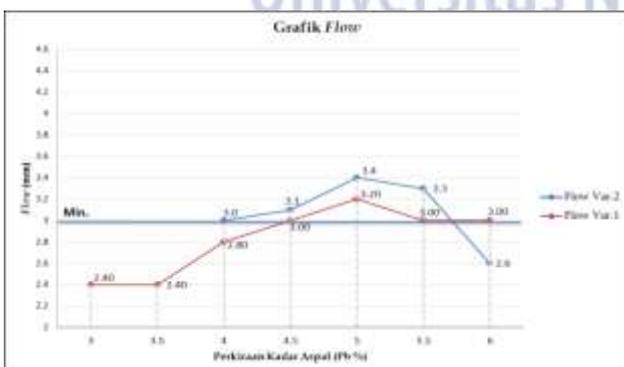


Gambar 2. Grafik Analisis Nilai Stabilitas
 Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Lab PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.

Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa setiap kadar sudah memenuhi spesifikasi yang ada dan semakin tinggi kadar aspal yang disubstitusikan semakin besar pula hasil stabilitas yang didapatkan. Namun hanya sampai pada kadar aspal 5,5% kemudian mengalami penurunan kembali pada kadar aspal 6%. Ditinjau dari penurunan tersebut, mengisyaratkan bahwa nilai optimum pada stabilitas terletak pada kadar aspal 5,5%.

b. Analisis Terhadap Nilai Flow

Flow menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan. Nilai kelelahan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain gradasi, kadar aspal, bentuk dan permukaan agregat. Nilai ini langsung dapat dibaca dari pembacaan arloji kelelahan (*flow*) saat pengujian Marshall. Nilai *flow* dinyatakan dalam satuan millimeter. Hasil kelelahan ditunjukkan pada Gambar 3.

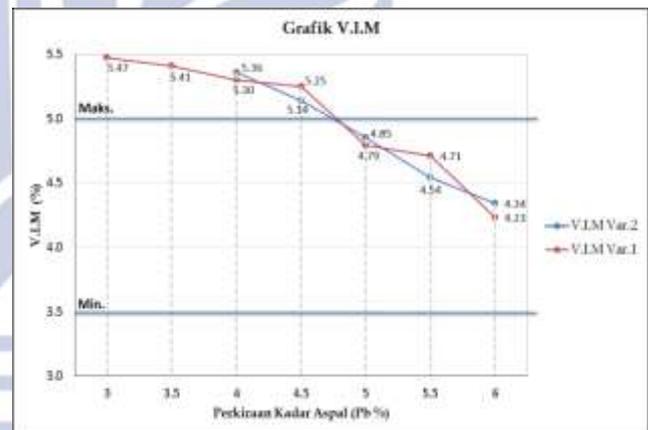


Gambar 3. Grafik Analisis Nilai Flow
 Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Lab PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.

Nilai *Flow* tertinggi yaitu pada kadar aspal 5%, menunjukkan sifat aspal sebagai bahan pengikat pada campuran bersifat elastis sehingga dapat menahan dan menyebarkan beban kendaraan hingga merata, namun pada kadar aspal 4.0% dan 6.0% nilai *flow* menunjukkan penurunan. Pada penambahan variasi kadar aspal 4.5% - 5.5% memenuhi persyaratan standar spesifikasi umum Bina Marga 2010 yaitu kelelahan atau *flow* minimal 3 mm dan maksimal 5 mm.

c. Analisis Terhadap Nilai VIM

Nilai VIM menunjukkan nilai persentase rongga dalam suatu campuran aspal merupakan volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal dipadatkan dan dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat. Nilai VIM berpengaruh terhadap nilai dari durabilitas, semakin besar nilai VIM menunjukkan campuran bersifat keropos (*porous*). Proses ini mengakibatkan udara dan air mudah masuk ke dalam lapis perkerasan sehingga berakibat meningkatkan proses oksidasi yang dapat mempercepat penuaan aspal. Spesifikasi dari VIM untuk Laston AC, berkisar antara 3.5% - 5%. Hasil nilai VIM ditunjukkan pada Gambar 4.

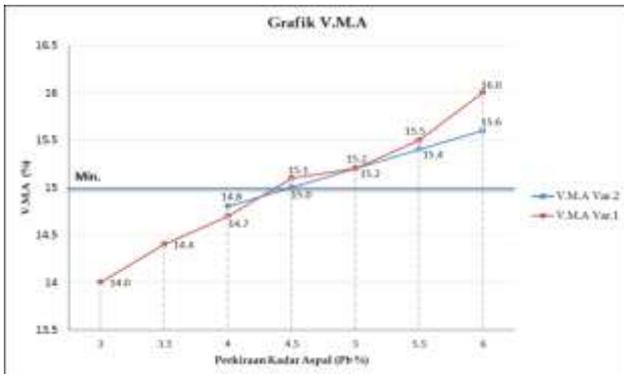


Gambar 4. Grafik Analisis Nilai V.I.M
 Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Lab PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.

Pada Gambar 4, menunjukkan hasil pengujian pada VIM sudah memenuhi spesifikasi pada penambahan kadar aspal 5.0%-6.0%. Pori udara yang ada setelah dicampurkan dengan aspal pada kadar tersebut mempunyai campuran yang baik dari segi kadar aspal serta gradasi agregat yang rapat sehingga campuran dapat terwujud dengan maksimal. Sedangkan penambahan pada kadar aspal 4.0%-4,5% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010, hal ini dimungkinkan karena kurangnya kadar aspal yang digunakan membuat campuran kurang terselimuti dan membuat campuran memiliki pori yang besar.

d. Analisis Terhadap Nilai VMA

VMA adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan. VMA atau yang lebih dikenal dengan rongga dalam agregat merupakan salah satu parameter penting dalam rancangan campuran aspal, karena pengaruhnya terhadap ketahanan dari campuran aspal. VMA menunjukkan banyaknya % aspal dari rongga yang terisi aspal. Nilai hasil pengujian VMA ditunjukkan pada Gambar 5.



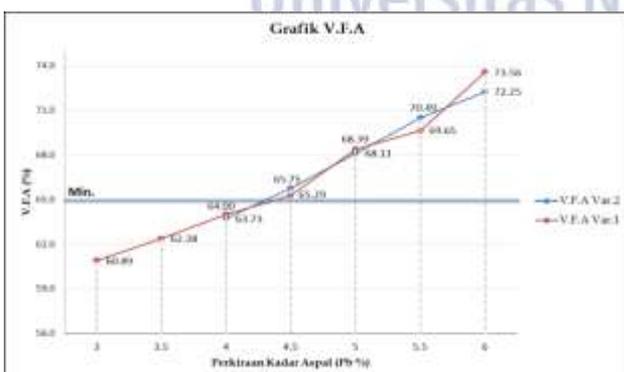
Gambar 5. Grafik Analisis Nilai V.M.A.

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

Persentase yang didapat pada setiap kadar aspal mengalami peningkatan. Hasil tabel menunjukkan semakin banyak kadar aspal yang disubstitusikan semakin tinggi pula nilai VMA yang didapat. Namun hanya kadar aspal 4,5%-6% yang memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2010 yaitu 15%.

e. Analisis Terhadap Nilai VFA

Rongga dalam campuran terjadi akibat adanya ruang sisa antar butiran penyusun campuran. Rongga ini dalam kondisi kering akan diisi oleh udara dan dalam kondisi basah akan diisi oleh air. Kriteria VFA bertujuan untuk menjaga keawetan campuran beraspal dengan memberi batasan yang cukup. Hasil nilai VFA dapat dilihat Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Analisis Nilai VFA

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

Pada Gambar 6, menunjukkan hasil pengujian pada VFA sudah memenuhi spesifikasi pada penambahan kadar aspal 4.5%-6.0%. Bertambahnya nilai VFA pada penelitian ini diakibatkan oleh mengecilnya rongga dalam campuran (VIM) yang merupakan bagian dari pembagi dalam menentukan nilai VFA. Nilai minimal VFA sesuai dengan spesifikasi yang ada sebesar 65%, sehingga dari hasil pengujian yang didapatkan menunjukkan bahwa nilai VFA memenuhi standar.

f. Analisis Terhadap Nilai Marshall Quotient (MQ)

MQ dihitung sebagai rasio dari stabilitas terhadap kelelahan yang digunakan sebagai indikator kekakuan campuran. Semakin tinggi nilai MQ suatu campuran, maka semakin kaku campuran tersebut. Semakin rendah nilai MQ suatu campuran, maka resiko yang memungkinkan adalah retak permukaan dan pergerakan horizontal pada arah perjalanan. Hasil untuk pengujian MQ tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



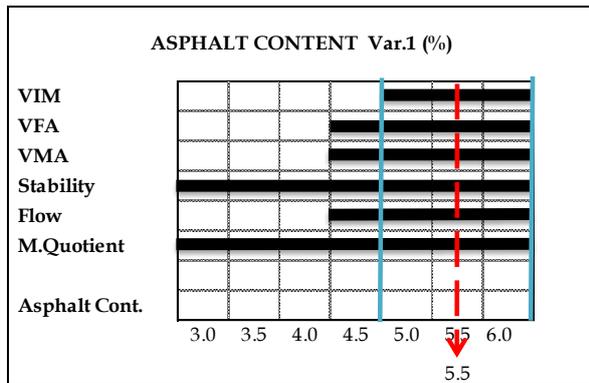
Gambar 7. Grafik Analisis Nilai MQ

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

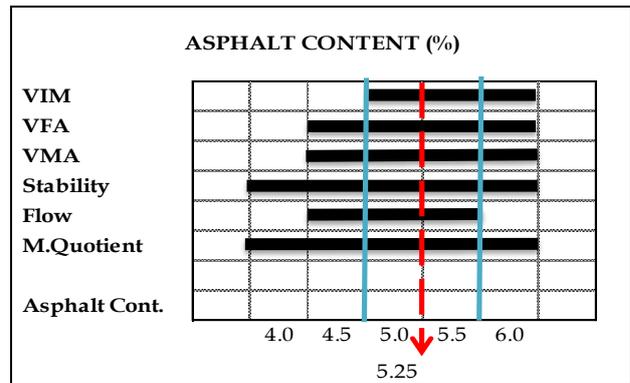
Pada pengujian diperoleh hasil yang memenuhi spesifikasi pada setiap kadarnya. Nilai MQ (*Marshall Question*) yang paling baik yaitu pada kadar aspal 6,0% yang mengakibatkan aspal dapat memiliki sifat lentur dalam menahan beban kendaraan tapi tetap kaku tidak mudah *bleeding* karena masih dalam kisaran spesifikasi Bina Marga 2010.

g. Hasil Kadar Aspal Optimum RAP

Hasil pangujian *marshall* menggunakan kadar aspal rencana (Pb) pada campuran AC-WC+RAP diperoleh KAO 5,5% dan 5,25%, yang ditentukan dari analisa nilai VIM, VMA, VFA, Stabilitas, *Flow* dan *Marshall Quotient* (MQ) yang mendapatkan suatu selang kadar aspal yang memenuhi syarat dan diambil nilai tengah dari selang tersebut, yang kemudian dilakukan kontrol dari masing-masing KAO.



Gambar 8. KAO AC-WC dengan RAP (Var.1)
 Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Lab PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.



Gambar 9. KAO AC-WC dengan RAP (Var.2)
 Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Lab PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.

Tabel 6. Hasil Uji Marshall Kontrol KAO

No.	Bitumen Content	Eff Sp.Gr Total agg	Max Sp.gr Combine Mix	Weght (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk SpGr Combine Mix	V.I.M (%) Min. 3.5 Max. 5.0	V.M.A (%) Min. 15	V.F.A (%) Min. 65	Stability		Flow (mm)	Marshall Quotien (Kg/mm)
				In Air	In Water	S.S.D						Meas	Adjust		
B	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	5.5	2.633	2.43	1193.6	694.6	1210.8	516.2	2.312	4.65	15.47	69.95	90	1178.1	3.4	346.50
			2.43	1194.2	696.4	1209.8	513.4	2.326	4.08	14.97	72.74	92	1204.3	3.2	376.34
Average			2.43	1193.90	695.50	1210.30	514.80	2.319	4.36	15.22	71.35	91	1191.19	3.30	361.42

Tabel 7. Hasil Uji Marshall Kontrol KAO

No.	Bitumen Content	Eff Sp.Gr Total agg	Max Sp.gr Combine Mix	Weght (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk SpGr Combine Mix	V.I.M (%) Min. 3.5 Max. 5.0	V.M.A (%) Min. 15	V.F.A (%) Min. 65	Stability		Flow (mm)	Marshall Quotien (Kg/mm)
				In Air	In Water	S.S.D						Meas	Adjust		
B	B	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	5.25	2.622	2.43	1193.6	688.6	1204.4	515.8	2.314	4.57	15.18	69.87	95	1243.6	3.4	365.75
			2.43	1196.0	692.2	1208.3	516.1	2.317	4.44	15.06	70.53	97	1269.7	3.1	409.59
Average			2.43	1194.80	690.40	1206.35	515.95	2.316	4.51	15.12	70.20	96	1256.64	3.25	387.67

Sumber : Hasil analisis peneliti di PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik

Dari hasil kontrol KAO dengan uji *marshall* yang ditunjukkan pada Tabel 6 dan Tabel 7, semua nilai yang dihasilkan memenuhi karakteristik dari masing-masing nilai yang ditentukan berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga 2010. Tetapi dari hasil tersebut dapat kita lihat bahwa dengan KAO 5,25% pada campuran Variasi 2 menghasilkan nilai yang lebih tinggi dari pada campuran Variasi 1 dengan KAO 5,5%. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa KAO dari campuran AC-WC dengan penggunaan RAP diambil pada Variasi 2 yaitu KAO 5,25%. Dimana kemudian dibuat acuan untuk penambahan kadar plastik HDPE yang direncanakan pada penelitian lanjutan.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan pengaruh penggunaan agregat RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dan *fly ash* sebagai *filler* pada campuran laston AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*), dapat disimpulkan bahwa KAO yang dihasilkan dari penggunaan RAP 21% sebesar 5,25% pada campuran Variasi 2. Hasil kontrol KAO penggunaan RAP 21%, dengan analisa parameter *Marshall* mempunyai nilai stabilitas yaitu 1256,64 kg, kelelahan atau *flow* 3,25 mm, V.I.M 4,51%, V.M.A 15,12%, V.F.A 70,20%, dan *marshall quotient* 387,67 kg/mm. Dimana hasil tersebut lebih baik dari pada campuran pada kontrol Variasi 1. Penggunaan RAP sebagai agregat dapat memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2010, dan dapat digunakan sebagai alternatif agregat pengganti.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum (2010). *Spesifikasi Umum Edisi 2010 (Revisi 1)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.
- Hassan, Rayya (2009), *Feasibility of Using High RAP Contents in Hot Mix Asphalt*, Swinburne University of Technology, Melbourne.
- Menteri Pekerjaan Umum (2011). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor :13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan Dan Penilikan Jalan*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Mujiarto, Imam. 2005. Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. Nomor 02. Volume 3. Edisi Desember 2005.
- National Asphalt Pavement Association (1996), *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction*, NAPA Education Foundation, Maryland.
- Pemerintah Republik Indonesia (2004), *Undang Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*, Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.
- Sanjaya, A. A. Gde Esa Aristadathu. 2015. Analisis Penggunaan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) Bergradasi Semi Padat Dengan Menggunakan Aspal Cair Mc-800. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- 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.