

# **Analisa Campuran AC – WC dengan Agregat *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dan *Filler Fly Ash* Sebagai Campuran Induk untuk Penambahan *Styrofoam* (*Polystyrene*)**

**Kurniawan Eka Yunanto**

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

E-mail: [kurniawanyunanto@mhs.unesa.ac.id](mailto:kurniawanyunanto@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**

Proses pembangunan jalan di Indonesia sebagian besar masih menggunakan cara konvensional, yaitu menggunakan agregat dan aspal dalam jumlah yang besar, hal tersebut jika dilakukan terus menerus dapat menimbulkan permasalahan lingkungan.

Penelitian ini dilakukan dengan meninjau dampak penggunaan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) sebagai pengganti agregat dan penambahan *Styrofoam* (*polystyrene*) dalam campuran lapisan AC-WC dengan parameter *Marshall*. Kadar aspal optimum (KAO) yang digunakan adalah 5,25%. Prosentase penambahan *Styrofoam* pada campuran aspal sebesar 5%, 6% dan 7% dari berat aspal yang digunakan.

Hasil uji *Marshall* menunjukkan nilai stabilitas optimum pada penambahan plastik 6,0% yaitu sebesar 1278,5 kg dengan mengalami peningkatan sebesar 1,74% dari campuran laston tanpa tambahan *Styrofoam*. Nilai *flow* mengalami kenaikan sebesar 6,76%, VFA sebesar 0,65%. Sedangkan nilai MQ mengalami penurunan sebesar 4,82%, VIM 0,14%, VMA 0,12%.

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

## **Abstract**

*The process of road construction in Indonesia is mostly still using conventional methods, namely using large amounts of aggregate and asphalt, if done continuously it can cause environmental problems.*

*This research was conducted by reviewing the impact of the use of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) as an aggregate substitute and the addition of Styrofoam plastic in the AC-WC layer mixture with Marshall. The optimum asphalt level (KAO) used was 5,25%. The percentage of the addition of Styrofoam to the asphalt mixture is 5%, 6%, and 7% of the asphalt weight used.*

*The Marshall test results show that the optimum value of stability in the addition of 6,0% plastic is 1278.5 kg with an increase of 1,74% from laston mixture without additional Styrofoam. The highest flow value increased by 6,76%, VFA increased 0,65%. While the value of MQ has decreased 4,82%, VIM 0,14%, VMA 0,12%.*

**Keywords:** *Marshall Characteristics*, *Styrofoam* (*polystyrene*), *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), Laston AC-WC,

## **PENDAHULUAN**

Aspal sejak dulu hingga sekarang masih dan akan tetap dianggap sebagai bagian tidak terpisahkan dari konstruksi perkerasan jalan. Meskipun semen *Portland* mulai banyak dipakai, terutama sejak harga minyak bumi melejit ke USD 150 per barel pada tahun 2006, 90% jalan raya di dunia masih menggunakan aspal sebagai bahan pengikat agregat. Digunakan sejak tahun empat puluhan, dimana beban sumbu tunggal kendaraan maksimum masih di sekitar 7 ton, hingga saat ini beban sumbu tunggal kendaraan dapat mencapai 18 ton, sifat dan produksi bahan aspal tidak

banyak berubah, terutama di daerah yang beriklim dingin, menunjukkan bahwa bahan aspal memang berpotensi sebagai material penting bagi bahan lapis perkerasan jalan (Soehartono, 2014).

Menurut Soehartono (2014) aspal beton adalah teknologi pelapisan aspal dengan cara mencampur terlebih dahulu agregat dengan aspal pada temperatur panas, kemudian baru digelar dalam kondisi panas atau dingin dan dipadatkan hingga mencapai kepadatan tertentu. Bila pemadatan telah selesai dan suhu permukaan telah berada dibawah 60°C, baru boleh dibuka untuk lalu lintas umum.

Pada umumnya aspal beton dibagi atas beberapa lapis bagian yang dibedakan atas fungsinya masing-masing, salah satunya adalah aspal beton lapis aus atau biasa disebut LASTON (AC-WC). Aspal beton lapis aus adalah lapis beton aspal untuk permukaan jalan, biasanya tidak terlalu tebal, sekitar 5 cm, sebagai lapis aus sekaligus sebagai lapis penutup, bersifat lentur untuk dapat menerima gerakan lapis di bawahnya tanpa mengalami retak. Ditinjau dari penggunaan material aspal, maka aspal yang digunakan harus dari jenis yang tahan panas (panas permukaan jalan bisa sampai 70°C), karena terletak pada posisi paling atas agar tidak mudah melunak (*bleeding*) dan *bulging* (berubah bentuk, jembul, bergelombang, terlihat secara visual pada marka jalan yang bengkok), tidak mudah timbul retak yang dapat menyebabkan bocor air, dan tidak mudah terjadi lepas butir (kehilangan daya lengket).

Permana (2015) dalam tesisnya menemukan bahwa agregat RAP menghasilkan nilai berat jenis agregat kasar 2,596 gram/cm<sup>3</sup>, berat jenis agregat halus 2,474 gram/cm<sup>3</sup>, penyerapan agregat kasar 1,06%, penyerapan agregat halus 0,8%, kekekalan bentuk terhadap Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4,5%, abrasi 23,4%, pengujian setara pasir 66,85 dan kelekatan terhadap aspal >95%. Hasil pengujian terhadap agregat RAP keseluruhan memenuhi seluruh persyaratan agregat. Pada penelitian ini diperoleh komposisi optimal penggunaan RAP sebesar 25% dan 75% agregat baru sebagai bahan campuran aspal dingin bergradasi terbuka.

Sanjaya (2015) dalam penelitiannya menemukan bahwa kandungan RAP dalam campuran yang memenuhi amplop gradasi semi padat yaitu komposisi 40% RAP dan 60% agregat baru, 50% RAP dan 50% agregat baru serta 60% RAP dan 40% agregat baru. Didapat kadar RAP yang paling optimum yang memenuhi amplop gradasi yaitu 60% RAP dimana kadar aspal optimum dari campuran ini sebesar 5,70% yang terdiri dari aspal RAP sebesar 2,85%, aspal residu sebesar 2,85% dan kadar aspal cair optimum dalam campuran ini adalah 3,35%.

Selain penggunaan RAP dalam upaya perbaikan mutu pada konstruksi jalan, penulis juga mencoba menggunakan *fly ash* sebagai *filler* pada campuran perkerasan lentur. Menurut Prijatama dan Sumarnadi (1996) penggunaan bahan bakar batu bara pada pembangkit listrik dan industry termasuk pada unit *asphalt Mixing Plant (AMP)* menyisakan limbah abu batu bara yang sangat banyak dan menjadi masalah bagi lingkungan. Upaya pemanfaatan limbah ini telah dilakukan untuk berbagai macam keperluan termasuk untuk konstruksi. Abu batu bara yang berupa abu terbang (*Fly Ash*) dan abu dasar (*Bottom Ash*) dapat digunakan sebagai mineral *filler* untuk pengisi *voids* dan memberikan *contact point* antar agregat pada campuran *asphalt concrete*.

Adapun material *fly ash* sering digunakan dalam struktur bangunan untuk mendapatkan beton dengan kekuatan yang cukup tinggi. Dengan butiran-butiran *fly ash* yang lolos ayakan 200 sudah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 sebagai *filler*. Oleh karena itu ada kemungkinan jika material *fly ash* digunakan sebagai salah satu bahan campuran beraspal panas, maka parameter-parameter yang terdapat pada campuran beraspal tersebut akan meningkat.

Penggunaan limbah *styrofoam* cukup banyak dalam kehidupan sehari-hari tetapi sangat sedikit yang dimanfaatkan. Sifat mekanis jenis bahan *styrofoam* ini adalah kuat, fleksibel dan permukaan agak berlemak. Pada suhu 60 derajat sangat resisten terhadap reaksi kimia, daya proteksi terhadap uap air tergolong baik, bisa didaur ulang serta baik untuk barang-barang yang memerlukan fleksibilitas tapi kuat.

Berbagai referensi pemanfaatan limbah plastik, limbah RAP, dan *fly ash* dapat dilakukan dengan menggunakannya sebagai bahan tambah dan agregat pada campuran aspal Laston AC-WC. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas aspal beton dan memenuhi persyaratan teknis untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Pada penelitian ini yang ditinjau adalah pengaruh penambahan limbah plastik *Styrofoam* sebagai bahan tambah 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.

## 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 *bleending*. 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 kedalam 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 dilaksanaan 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).

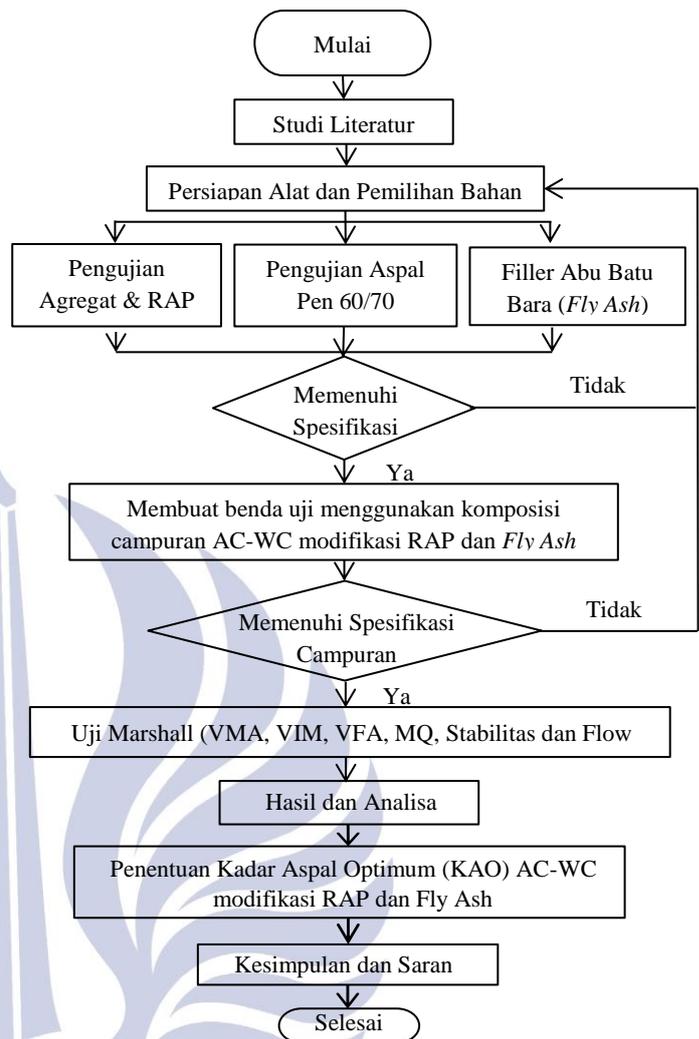
## METODE PENELITIAN

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* serta penambahan *Styrofoam* kedalam campuran dengan metode kering. 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*, *Styrofoam* dan aspal pen 60/70 untuk membuat benda uji.

Sasaran penelitian yang akan diteliti pada penelitian ini adalah kadar optimum pengaruh penggunaan plastik *Styrofoam* pada campuran beton aspal *Wearing-Course* (AC-WC) dengan menggunakan *reclaimed asphalt pavement* (RAP) dan *fly ash* sebagai *filler*. Variabel dalam peneltian 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 plastik *Styrofoam*, RAP, dan agregat. 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 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 2 dan Tabel 3 berikut ini:

Tabel 2. Gradasi Gabungan

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

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

Tabel 2. Gradasi Gabungan Variasi 2

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 :

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

Perhitungan,

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

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

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

Konstanta yang dipakai adalah 0,5

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

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 3 berikut :

Tabel . 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 (%)
<b>Jumlah</b>		<b>17 buah</b>	

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) dan kemudian ditambah dengan penggunaan plastik Styrofoam pada campuran, yang kemudian di analisa untuk memenuhi karakteristik campuran.

a. Analisis Terhadap Nilai Stabilitas

Tabel 4. 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.

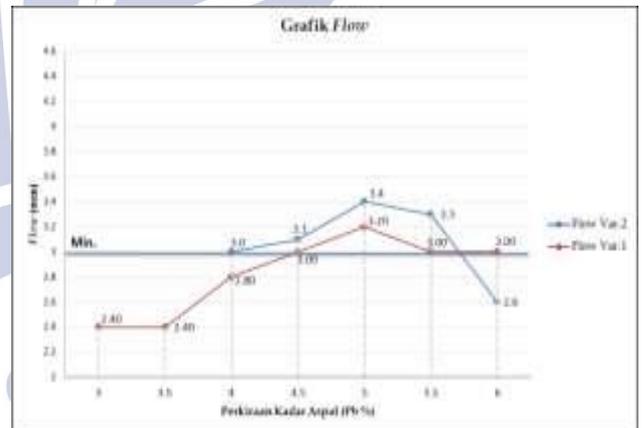


Gambar 2. Grafik Analisis Nilai Stabilitas

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

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.

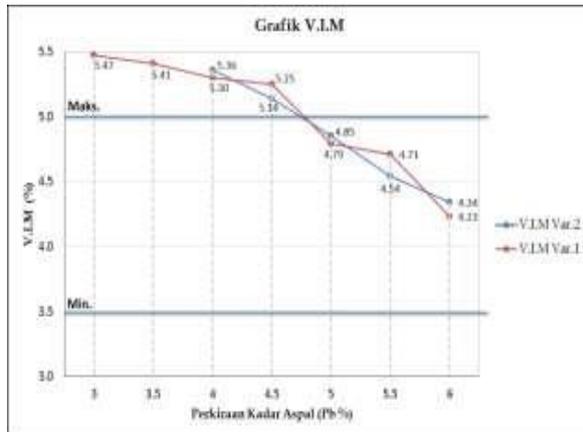
Nilai *Flow* tertinggi yaitu pada kadar aspal 5%, menunjukkan sifat aspal sebagai bahan pengikat pada campuran bersifat elastis sehingga dapat menahan dan menyebarkan beban kendaraan hingga merata, namun pada kadar aspal 4.0% dan 6.0% nilai *flow* menunjukkan penurunan. Pada penambahan variasi kadar 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.



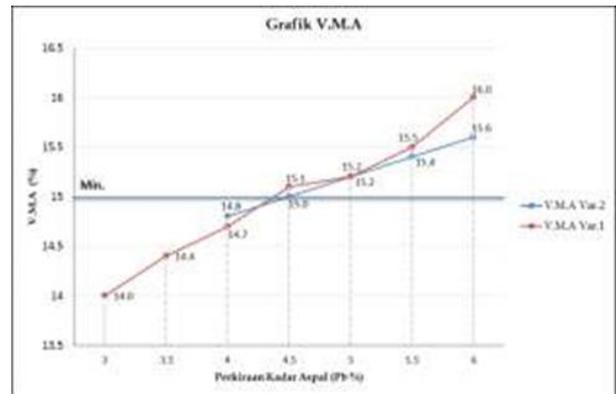
Gambar 4. Grafik Analisis Nilai V.I.M

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.



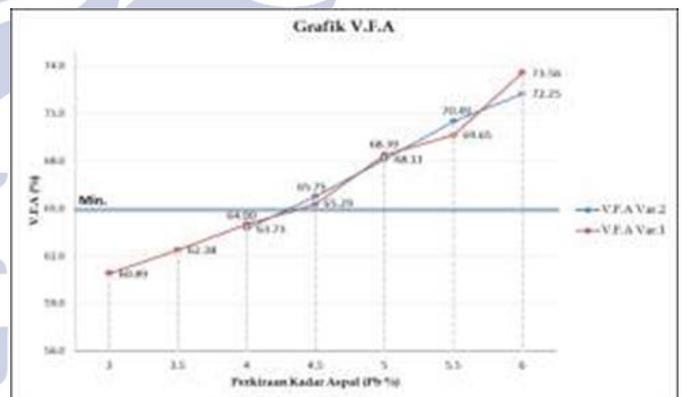
Gambar 5 Grafik Analisis Nilai (MQ)

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 rongga 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 V.F.A

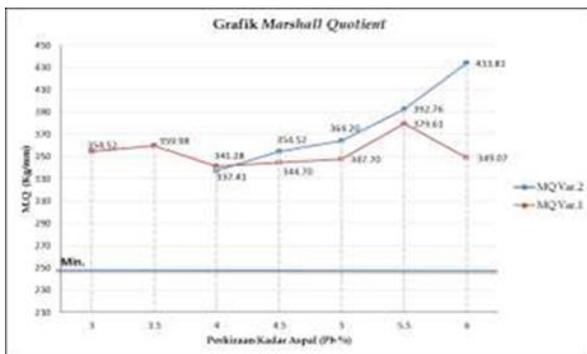
Sumber : Hasil Analisis Peneliti di Lab PT. Merakindo Mix Krikilan Driyorejo, Gresik.

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.



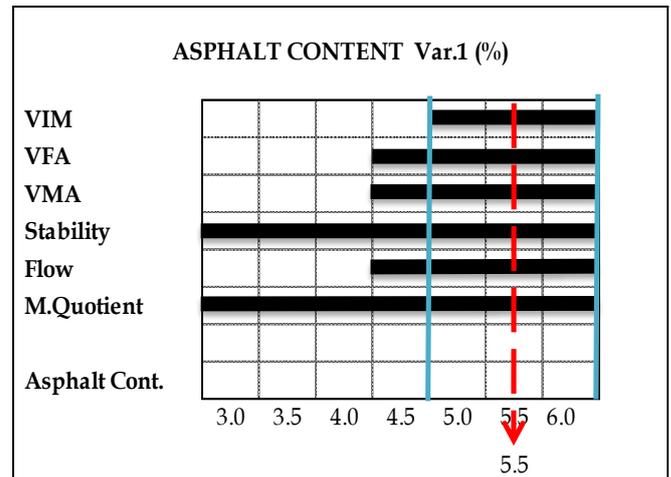
Gambar 7. Grafik Analisis Nilai MQ

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.

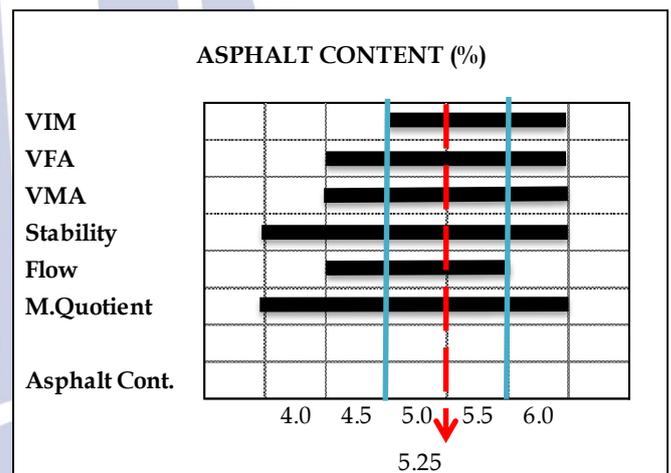
g. Hasil Kadar Aspal Optimum RAP

Hasil Pengujian 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 control dari masing-masing KAO.



Gambar 8. Penentuan KAO AC-WC dengan RAP

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



Gambar 9. Penentuan KAO AC-WC dengan RAP

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 Quotient ( 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
<b>Avarage</b>			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 Quotient ( 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
<b>Avarage</b>			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 *Styrofoam* yang direncanakan pada penelitian lanjutan.

## SIMPULAN

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.

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

National Asphalt Pavement Association (1996), Hot Mix Asphalt Material, Mixture Design, And Construction, NAPA Education Foundation, Maryland.

Permana, Gusti Bagus Mediyasa. 2015. Analisis Penggunaan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) Sebagai Bahan Campuran Aspal Dingin Bergradasi Terbuka Dengan Menggunakan Aspal Emulsi Jenis Kationik. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Prijatama, H., DAN Sumarnadi, E. T. 1996. Mengubah Limbah Menjadi Rupian: Pemanfaatan Limbah Abu Batubara PLTU. Prosiding Pemaparan Hasil Litbang Ilmu Pengetahuan Teknik. Bandung.

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.

Soehartono. 2014. Teknologi Aspal dan Penggunaannya dalam Konstruksi Perkerasan Jalan. Yogyakarta: ANDI.

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.

Yusup A. M, Mohamad. 2018. Pengaruh Penggunaan BGA (*Buton Granular Asphalt*) Pada Perencanaan Aspal Beton AC-WC Pen 60/70 Dengan Menggunakan *Fly Ash* Sebagai *Filler*. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.