

Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* Batu Bara 5%, 5,5%, 6%, 6,5% terhadap Campuran HRS-WC Menggunakan Bahan Pengikat Aspal Retona Blend 55

The Effect of Using Coal Fly Ash 5%, 5,5%, 6%, 6,5% on the HRS-WC Mixture Using Asphalt Binder Retona Blend 55

Muhammad Rhoy Yusuf, Anita Rahmawati, Emil Adly

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Indonesia merupakan penghasil aspal alam dengan deposit terbesar didunia yang dikenal dengan Asbuton. Salah satu asbuton modifikasi yang dihasilkan berupa aspal Retona Blend 55 produksi PT. Olah Bumi Mandiri. Asbuton berpotensi besar untuk bisa dimanfaatkan sebagai bahan pengikat pada perkerasan jalan untuk menggantikan aspal minyak yang sudah umum digunakan. Selain aspal alam, batubara juga merupakan salah satu kekayaan alam di Indonesia yang terus dieksplor sehingga menghasilkan limbah *fly ash* yang bisa digunakan sebagai pengisi rongga. Metode yang digunakan menggunakan *Marshall* untuk mengkaji karakteristik pengaruh penggunaan *fly ash* batubara terhadap campuran HRS-WC dengan bahan pengikat aspal Retona Blend 55 dengan kadar variasi *fly ash* batubara sebagai pengganti *filler* dengan kadar 0%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%. Hasil pengujian didapatkan karakteristik *Marshall* nilai *density* cenderung mengalami kenaikan nilai tertinggi pada kadar 6,5% dengan nilai 2,23. VMA (*Void In Mineral Agregate*) cenderung mengalami penurunan nilai VMA paling rendah pada kadar 6,5% dengan nilai 19,21%. VIM (*Void In the Mix*) cenderung mengalami penurunan nilai VIM paling rendah pada kadar 6,5% dengan nilai 4,02%. VFA (*Void Filled Asphalt*) mengalami kenaikan, nilai VFA tertinggi pada kadar 6,5% dengan nilai 79,09%. Stabilitas pada penelitian ini mengalami penurunan nilai stabilitas paling rendah pada kadar 5% dengan nilai 1502,75 kg. *Flow* cenderung menurun pada semua kadar *fly ash* batubara nilai *flow* paling rendah pada kadar 6,5% dengan nilai 2,18 mm. MQ (*marshall Quotient*) cenderung mengalami kenaikan, nilai MQ tertinggi pada kadar 5,5% dengan nilai 728,07 kg/mm.

Kata kunci: *fly ash* batubara, HRS-WC, Marshall, Retona Blend 55.

Abstract. Indonesia is a natural asphalt producer with the largest deposit in the world known as Asbuton. One of the modified asbuton produced is asphalt Retona Blend 55 production PT. Olah Bumi Mandiri. Asbuton has great potential to be used as a binder on pavement to replace the commonly used oil asphalt. In addition to natural asphalt, coal is also one of the natural wealth in Indonesia which continues to be explored so as to produce waste fly ash that can be used as a filler. The research using Marshall to study the characteristics of the effect of coal fly ash application to HRS-WC mixture with Retona Blend asphalt binder 55 with variation of coal fly ash as a replacement of filler with 0%, 5%, 5,5%, 6% and 6.5%. The test results obtained Marshall characteristics of density values tend to increase, the highest value at 6.5% with a value of 2.23. VMA (*Void In Mineral Agregate*) tends to decrease the lowest VMA value at 6.5% with a value of 19.21%. VIM (*Void In the Mix*) tends to have the lowest VIM value at 6.5% with a value of 4.02%. Void (*Void Filled Asphalt*) has increased, the highest VFA value at 6.5% with a value of 79.09%. Stability in this study has decreased the lowest stability value at 5% with a value of 1502.75 kg. Flow tends to decrease at all levels of coal fly ash at the lowest flow rate at 6.5% with a value of 2.18 mm. MQ (*marshall Quotient*) tends to increase, the highest MQ value is at 5.5% with a value of 728.07 kg / mm.

Keywords: coal fly ash, HRS-WC, Marshall, retona blend 55.

1. Pendahuluan

Perkerasan jalan beton aspal kualitasnya dituntut agar dapat melayani beban lalu lintas yang tinggi dan cuaca yang ekstrim. Oleh karena itu perlu adanya inovasi-inovasi terbaru

tentang perkerasan jalan yang berguna untuk memenuhi kebutuhan. Salah satu usaha agar dapat menghemat penggunaan aspal minyak adalah dengan memanfaatkan material lokal seoptimal mungkin diantaranya dengan

memanfaatkan Asbuton. Salah satu tipe asbuton adalah tipe Retona Blend 55. Aspal Retona Blend 55 Merupakan aspal yang diproduksi oleh PT. Olah Bumi Mandiri yang merupakan hasil modifikasi/campuran antara aspal minyak pen 60 dan 80 dengan asbuton hasil olahan semi ekstraksi (*refinery buton asphalt*) (Chaira dkk., 2016). dalam pemanfaatannya aspal Retona Blend 55 dapat digunakan untuk lapis perkerasan, lapis penetrasi, *seal coat*, *slurry seal* dan untuk beberapa hal dapat dimanfaatkan bitumennya saja yang didapatkan dari proses ekstraksi (Sumarji, 2012).

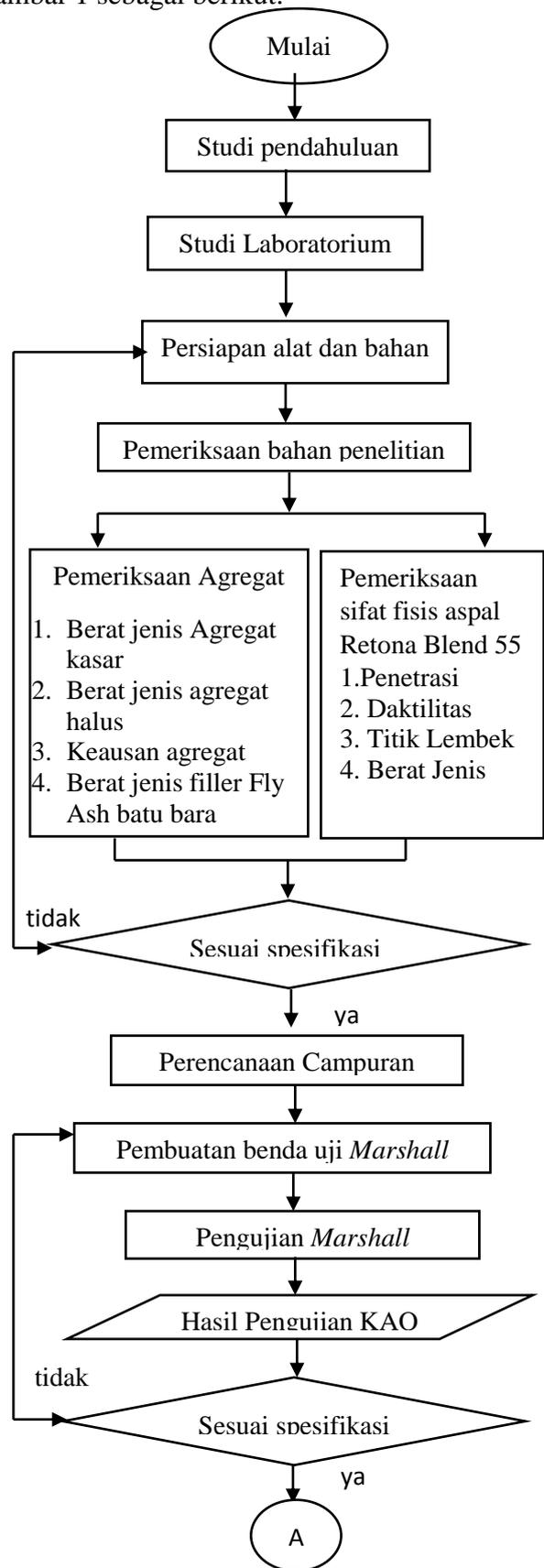
Produksi limbah abu batu dari PLTU di Indonesia setiap tahun terus meningkat, jika limbah abu batubara ini tidak ditangani akan mengakibatkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu perlu dimanfaatkan, salah satu cara pemanfaatan limbah batu bara adalah memanfaatkan abu batu bara sebagai pengganti agregat halus dan filler dalam campuran beton aspal (Tarmizi dkk., 2018; Tahir, 2009; Zulhazli dkk., 2016). *Fly ash* batubara dapat digunakan untuk mineral *filler* pada campuran beton aspal karena partikelnya sangat halus dan dari beberapa literatur penelitian sebelumnya, *fly ash* batubara mengandung unsur *pozzolan*, untuk itu dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi rongga dan pengikat aspal beton (Tahir, 2009).

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah: (1) mengkaji sifat fisik aspal Retona Blend 55 (penetrasi, titik lembek, daktilitas dan kehilangan berat minyak) sebelum dan sesudah dicampur fly ash batubara. (2) menganalisa campuran beton aspal campuran panas dengan menggunakan aspal Retona Blend 55 pada campuran *Hot Rolled Sheet- Wearing Course* (HRS-WC) dengan memanfaatkan limbah *fly ash* batu bara yang digunakan sebagai *filler* menggunakan metode *Marshall*.

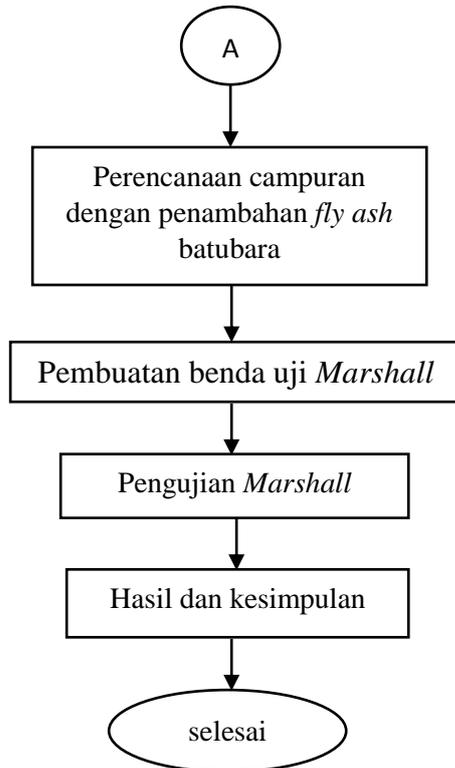
2. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan penelitian meliputi studi pustaka, tahapan persiapan alat dan bahan, pemeriksaan material,

mix design campuran, pembuatan benda uji *hot mix* dan pemeriksaan Marshall. Tahapan penelitian dapat disajikan pada bagan alir Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian



Gambar 1 Lanjutan

Tahapan Persiapan

Proses tahapan persiapan dalam penelitian ini merupakan melakukan studi pustaka yang digunakan untuk literatur-literatur sebagai acuan dalam penelitian ini. Dilanjutkan dengan persiapan material-material dan bahan penelitian meliputi agregat halus, agregat kasar, aspal dan filler. Material agregat halus dan kasar didapatkan dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini merupakan aspal Retona Blend 55 produksi PT. Olah Bumi Mandiri. Sedangkan fly ash batubara diperoleh dari CV. Lestari Surabaya.

Bahan

Agregat Halus

Agregat halus merupakan material yang lolos saringan nomor 8 dan memiliki ukuran terkecil yang tertahan saringan nomor 200. Material agregat halus kondisinya harus bersih dari lempung dan bahan organik yang tidak dikehendaki. Agregat halus berguna sebagai bahan pengisi pada rongga antar butir agregat kasar dan juga meningkatkan stabilitas pada campuran (Akem, 2012). Pada penelitian ini agregat halus diperoleh dari Clereng, Kulon Progo Yogyakarta.

Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang tertahan pada saringan nomor 8 dengan ukuran 2,36 mm. Agregat kasar pada campuran perkerasan harus berasal dari jenis dan sumber yang sama agar menjamin keseragaman dalam campuran dan harus terdiri dari partikel yang keras dan awet.

Retona Blend 55

Aspal Retona Blend 55 merupakan produk olahan aspal yang diperkenalkan oleh PT. Olah Bumi Mandiri, Jakarta. Aspal Retona Blend 55 merupakan hasil ekstraksi aspal alam dari pulau buton, aspal ini adalah modifikasi/hasil dari campuran antara aspal minyak penetrasi 60 dan penetrasi 80 dengan asbuton hasil olahan semi ekstraksi (*refinery buton asphalt*). Aspal Retona Blend 55 dapat digunakan untuk mengatasi kekurangan dari aspal minyak penetrasi 60/70 (Chaira dkk., 2016; Kabbash dkk., 2014; Firdaus dkk., 2018).

Fly Ash Batubara

Abu terbang batubara merupakan limbah industri yang berupa tumpukan bubuk hasil pembakaran batu bara. partikel halus dari endapan hasil pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik. Abu batu bara partikelnya sangat halus dan mengandung unsur *pozzolan* sehingga dapat bermanfaat untuk material pengisi rongga dan untuk bahan pengikat aspal (Tahir, 2009).

Pengujian Bahan

Sebelum material bahan digunakan dalam pembuatan benda uji, bahan terlebih dahulu di uji sesuai dengan metode dan spesifikasi pengujian yang digunakan. Pengujian pada agregat halus dan kasar meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dan kasar, keausan agregat menggunakan mesin abrasi *Los Angeles*. Sedangkan pengujian aspal meliputi pengujian kehilangan berat minyak aspal, penetrasi, titik lembek, daktilitas dan berat jenis aspal.

Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran pada penelitian ini menggunakan berat agregat gabungan 1200 gram, gradasi agregat yang digunakan dalam penelitian ini bergradasi senjang sesuai dengan

ketentuan yang disyaratkan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Pada penentuan KAO digunakan kadar aspal sebesar 6,5%, 7% dan 7,5% dari total jumlah agregat. Jumlah sampel yang dibuat pada penelitian ini sebanyak 9 buah sampel dengan tiap per kadar aspal sebanyak 3 sampel. Dari hasil pengujian didapatkan kadar aspal optimum yang digunakan untuk mendesain pembuatan benda uji dengan *filler fly ash* batubara.

Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan campuran HRS-WC bergradasi senjang. Variasi pergantian filler menggunakan fly ash batubara dengan kadar 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%. Bahan material agregat gabungan yang sudah kering oven dipanaskan menggunakan oven hingga suhu mencapai 165°C kemudian dicampur dengan aspal dengan kadar yang sudah direncanakan dan diaduk hingga merata. Masukkan campuran kedalam cetakan (*mold*) yang sudah dipanaskan dan dilapisi dengan oli, tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali pada bagian tepi cetakan dan 10 kali pada bagian tengah dan ditumbuk sebanyak 2×75 kali tumbukan. Setelah 24 jam campuran dapat dikeluarkan dari cetakan dan dapat di uji *Marshall*. Jumlah benda uji yang dibuat pada penelitian ini sebanyak 21 benda uji, benda uji untuk mencari KAO sebanyak 9 buah dan benda uji penambahan *fly ash* batubarara 12 benda uji.

Pengujian Marshall

Pengujian *Marshall* ini berguna untuk mendapatkan nilai kelelahan (*flow*) dan stabilitas. Pemeriksaan *Marshall* pertama dengan mengukur dimensi benda uji dan direndam selama 30 menit dalam bak perendam (*waterbath*) dengan suhu ±60°C, letakan benda uji pada alat uji *Marshall* baca arloji stabilitas dan *flow* pada alat *Marshall*.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta. Pengujian pada berat jenis agregat kasar menggunakan spesifikasi SNI 1969: 2008, Keausan menggunakan Mesin abrasi *Los Angeles* menggunakan spesifikasi SNI

2417:2008 dan berat jenis dan penyerapan air agregat halus SNI 1970:2008. Hasil Pengujian agregat telah memenuhi standar spesifikasi yang disyaratkan sehingga dapat digunakan. Hasil pengujian agregat ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian Agregat

No	Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi	
				min	max
Agregat Halus					
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,46	-	-
2	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2,52	2,5	-
3	Berat jenis efektif	-	2,62	-	-
4	Penyerapan	%	2	-	3
Agregat Kasar					
1	Pengujian Abrasi	%	26,21	-	40
2	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,56	-	-
3	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2,60	2,5	-
4	Berat jenis efektif	-	2,67	-	-
5	Penyerapan	%	1,66	-	3

Hasil Pengujian Aspal

Pada penelitian ini menggunakan Asbuton Retona Blend 55. Pengujian aspal meliputi pengujian penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis dan kehilangan berat. Pengujian aspal harus memenuhi syarat yang ditetapkan sehingga aspal dapat digunakan. Pada penelitian ini sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3). Hasil pengujian aspal ditunjukkan pada Tabel 2, hasil yang didapatkan pada penelitian ini aspal yang digunakan memenuhi syarat yang ditentukan sehingga aspal bisa digunakan.

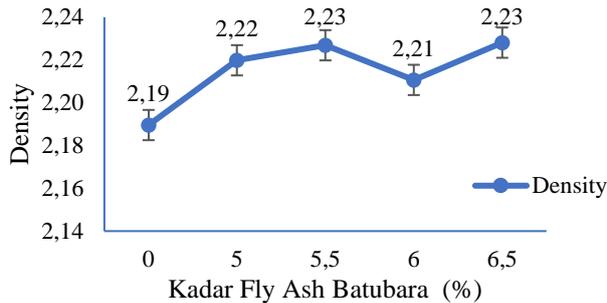
Tabel 2. Hasil Pengujian Aspal

No	Pengujian	Hasil	Spesifikasi	
			Min	Maks
1	Titik Lembek	54,25	53	-
2	Penetrasi	50,7	50	-
3	Berat jenis	1,1	1	-
4	Daktilitas	166	100	-
5	Kehilangan Berat Minyak	0,2	-	0,8

Hasil Karakteristik Marshall

Density

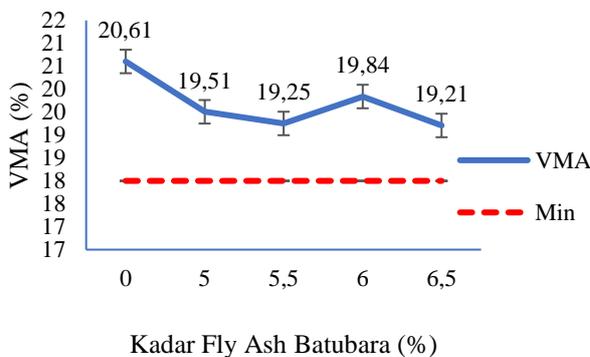
Density atau sering disebut kepadatan merupakan berat satuan yang diukur tiap satuan volume, sebagai acuan kepadatan lapangan. Dari penelitian diperoleh bahwa kepadatan campuran HRS-WC cenderung meningkat pada setiap kadar variasi *fly ash* batubara. Kepadatan optimum diperoleh pada kadar 6,5% dengan nilai 2,228. Hasil nilai kepadatan disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2 Grafik Hubungan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan Kepadatan

VMA

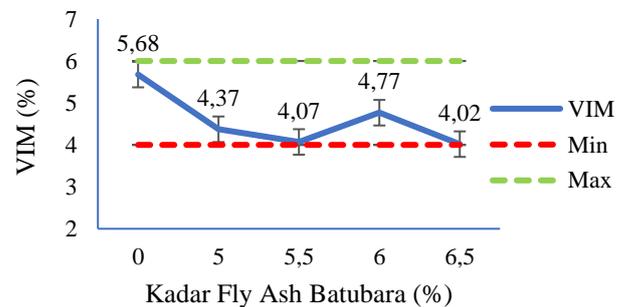
Void in Mineral Agregat merupakan presentase banyaknya pori antar butir-butir agregat, atau presentase rongga yang ditempati oleh aspal dan udara (Pratama dan Fauziah, 2017). Hasil nilai VMA disajikan dalam Gambar 3 yang menunjukkan pada semua variasi kadar *fly ash* batubara mengalami penurunan, akan tetapi masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Penurunan nilai VMA dikarenakan penambahan *filler fly ash* batu bara mengakibatkan ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal dan rongga udara yang dibutuhkan pada campuran menjadi sedikit.



Gambar 3 Grafik Hubungan Kadar *Fly Ash* Batu Bara dengan VMA

VIM

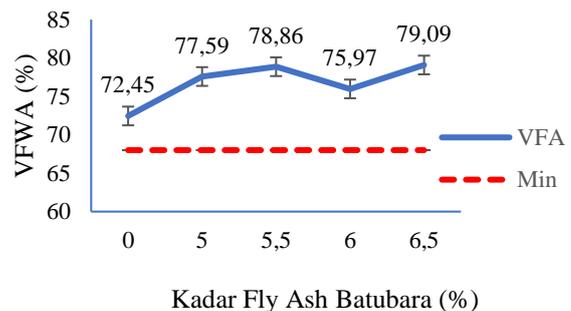
Nilai *Void in the mix* adalah presentase rongga udara dalam campuran beton aspal yang telah dilakukan pemadatan. Nilai VIM yang disyaratkan pada campuran HRS-WC oleh Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) yaitu pada rentang 4-6%. Dari hasil penelitian pada semua kadar variasi *fly ash* batubara mengalami penurunan hal ini dikarenakan rongga udara yang terisi oleh *fly ash* batubara lebih banyak dan mengakibatkan rongga udara dalam campuran menurun, nilai VIM pada penelitian ini masih memenuhi spesifikasi yang ditentukan sehingga dapat digunakan. Hasil nilai VIM disajikan dalam Gambar 4



Gambar 4 Grafik Hubungan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan VIM

VFWA

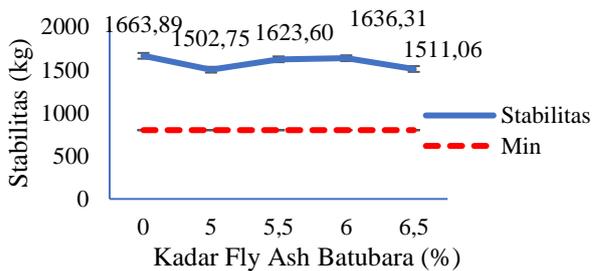
VFWA (*Void Filled with Asphalt*) merupakan volume pori atau rongga dalam aspal beton yang terisi oleh aspal tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Dengan penggunaan *fly ash* batubara pada semua variasi mengalami kenaikan nilai VFWA hal ini dikarenakan *fly ash* batubara menyerap aspal dan mengisi rongga lebih banyak, nilai VFWA juga dipengaruhi oleh nilai VIM yang merupakan pembagi untuk mendapatkan nilai VFWA. Hasil nilai VFWA ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik Hubungan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan VFWA

Stabilitas

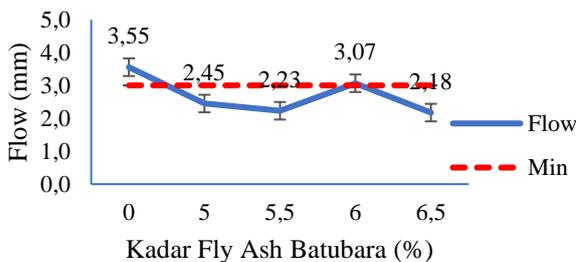
Stabilitas merupakan kemampuan dari lapis perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti *bleeding*, alur gelombang dan deformasi. Hasil nilai stabilitas pada penelitian ini disajikan dalam Gambar 5 menunjukkan nilai stabilitas mengalami penurunan pada semua kadar variasi *fly ash* batubara dikarenakan penggunaan *fly ash* batubara mengakibatkan film aspal menjadi tebal, fungsi aspal untuk bahan pengikat berubah menjadi pelicin sehingga menurunkan stabilitas aspal.



Gambar 6 Grafik Hubungan Stabilitas dengan *Fly Ash* batubara

Flow

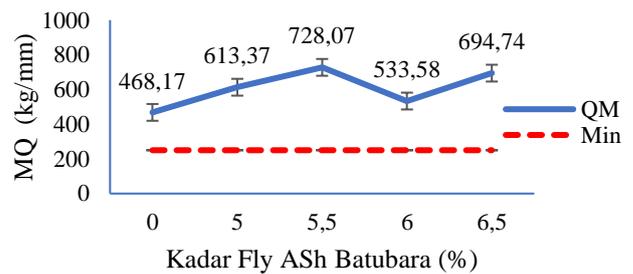
Flow atau kelelahan plastis merupakan besarnya deformasi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi dari campuran perkerasan akibat beban yang bekerja (Akem, 2102). Nilai *flow* disajikan dalam Gambar 6 yang menunjukkan bahwa nilai *flow* cenderung menurun pada semua kadar variasi *fly ash* batubara disebabkan dengan menggunakan *fly ash* batubara campuran menjadi lebih rapat sehingga deformasi akibat beban berkurang. Dengan penggunaan *fly ash* batubara sebagai filer pada campuran nilai *flow* terus menurun sehingga fleksibilitasnya menjadi jelek (Yanti dkk., 2017)



Gambar 7 Grafik Hubungan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan *Flow*

Marshall Quotient

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan nilai *flow*. Semakin tinggi MQ maka semakin kaku campuran tersebut dan semakin kecil MQ maka mudah terjadi deformasi karena campuran terlalu lentur. Nilai MQ pada penelitian ini cenderung naik disebabkan dengan penggunaan *fly ash* batubara campuran menjadi lebih padat. Faktor lain yang mempengaruhi nilai MQ adalah energi pemadatan, bentuk butir dan kadar aspal. Hasil nilai MQ disajikan dalam Gambar 8



Gambar 8 Grafik Hubungan *Marshall Quotient* dengan Kadar *Fly Ash* Batubara

Berikut hasil pemeriksaan *Marshall* dengan menggunakan *fly ash* batubara disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pemeriksaan *Marshall* dengan *Fly Ash* Batubara.

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar <i>Fly Ash</i> Batubara				
			0%	5%	5,5%	6%	6,5%
1	Density		2,190	2,217	2,227	2,221	2,228
2	VFA	Min 68%	72,453	77,588	78,863	75,971	79,074
3	VITM	4-6 %	5,676	4,490	4,070	4,768	4,017
4	VMA	Min 18%	20,605	19,507	19,253	19,840	19,209
5	Stability	Min 800 Kg	1663,9	1502,8	1623,6	1636,3	1511,1
6	Flow	>3 mm	3,553	2,450	2,230	3,067	2,175
7	MQ	Min 250 Kg/mm	468,17	613,37	728,07	533,58	694,74

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Sifat fisik aspal retona blend diperoleh nilai berat jenis 1,1 gr/cm³, penetrasi 50,7, daktilitas 166 cm, titik lembek 54,25 °C dan kehilangan berat minyak 0,2%.
- Pengaruh penggunaan *fly ash* batubara terhadap karakteristik marshall adalah sebagai berikut:

- 1) Nilai kepadatan cenderung meningkat pada setiap penambahan kadar *fly ash* batubara. Kepadatan optimum pada kadar 6,5% dengan nilai kepadatan 2,228.
- 2) Nilai VMA cenderung menurun dengan penggunaan *fly ash* batubara, akan tetapi pada setiap variasi masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.
- 3) Nilai VIM pada penelitian ini cenderung menurun dengan bertambahnya kadar *fly ash* batubara, akan tetapi pada setiap variasi masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai VIM paling rendah pada kadar 6,5% dengan nilai 4,017%.
- 4) Nilai VFWA cenderung meningkat dengan penambahan kadar *fly ash* batubara, pada setiap kadar variasi memenuhi spesifikasi yang disyaratkan untuk campuran yaitu minimal 68%.
- 5) Nilai stabilitas cenderung menurun dengan penambahan kadar *fly ash* batubara, pada semua variasi *fly ash* batubara masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu minimal 800 kg. nilai stabilitas tertinggi pada kadar 6% dengan nilai 1623,6.
- 6) Semakin bertambahnya kadar *fly ash* batubara nilai *flow* cenderung menurun. Nilai *flow* tertinggi pada penelitian ini pada kadar 6% dengan nilai 3,067 mm.
- 7) Nilai *Marshall Quotient* mengalami kenaikan pada semua kadar variasi *fly ash* batubara, nilai MQ tertinggi dengan nilai 728,07 kg/mm pada kadar 5,5%.

5. Daftar Pustaka

- Akem, 2012, Pengaruh Suhu Pemadatan Pada Lapis Perkerasan Laston (HRS-WC) yang Menggunakan Bahan Pengikat Retona Blend 55, *Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 285-302.
- Bina Marga, 2010, Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Revisi 3, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Chaira., Isya, A. dan Saleh, S.M., 2016, Pengaruh Penggunaan Limbah Kerak Tanur Cangkang Sawit dengan Bahan Pengikat Retona Blend 55 Terhadap Campuran Laston AC-WC, *Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 143-154.
- Firdaus., Yunus, Y. dan Isya, M., 2018, Karakteristik Campuran AC-WC

Menggunakan Agregat Simeulue dengan Variasi Aspal Retona Blend 55 dan Aspal Penetrasi 60/70, *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 605-616.

- Kabbash, O.M., Setyawan, A. dan Handayani, D., 2014, The Design Of Hot Mixture Thin Surfacing Containing Asbuton Modified Bitumen For Hot and Arid Region, *Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 115-119.
- Pratama, B. A., dan Fauziah, M., 2017, Perbandingan Kinerja Campuran Hot Rolled Asphalt (HRA) dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70 dan Aspal Retona Blend 55 dengan Variasi Durasi Rendaman Air Laut, *Jurnal Teknisia*, 22(1), 323-332.
- Sumarji, 2012, Penggunaan Aspal Buton Tipe Retona Blend 55 Sebagai Bahan Susun Campuran HRS-B, *Jurnal Teknik*, 2(1), 18-24.
- Tahir, A., 2009, Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara, *Jurnal SMARtek*, 7(4), 256-278.
- Tarmizi., Saleh, S.M. dan Isya, M., 2018, Pengaruh Substitusi Semen Portland dan Fly Ash Batubara pada Filler Abu Batu Terhadap Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC), *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 749-760.
- Yanti, G., Megasari, S.W. dan Rahmat, H., 2017, Karakteristik Marshall pada Campuran AC-BC dengan Penambahan Bahan Pengisi (Filler) Fly Ash, *Jurnal Rab Construction Research*, 2(1), 158-165.
- Zulhazli., Wesli. dan Akbar, S.J., 2016, Penggunaan Abu Batubara Sebagai Filler pada campuran Aspal Beton AC-BC, *Teras Jurnal*, 6(2), 121-130.