

Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* Batubara pada Campuran AC-WC Menggunakan Bahan Pengikat Aspal Retona Blend 55

Effect Of Using Coal Fly Ash On The AC-WC Mixture Using Asphalt Binder Retona Blend 55

Romy Destianto., Anita Rahmawati., Emil Adly

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Aspal buton adalah sumber daya alam yang dimiliki oleh Indonesia. Salah satu olahan aspal buton adalah Aspal *Retona Blend 55*. Karena jumlahnya yang masih banyak dan memiliki kualitas yang lebih baik, maka Aspal *Retona Blend 55* bisa digunakan sebagai pengganti aspal minyak pertamina. Selain aspal buton, batubara pun juga termasuk kekayaan yang dimiliki oleh Indonesia dan kebanyakan digunakan untuk bahan bakar PLTU. *Fly Ash* Batubara memiliki ukuran butir lolos saringan no. 200 dan memiliki sifat *hydrophobic*. Karena alasan tersebut maka penulis menjadikan *Fly Ash* Batubara menjadi *filler* dalam campuran beton aspal dan menggunakan Aspal *Retona Blend 55* sebagai bahan pengikat. Pada saat pengujian benda uji menggunakan metode karakteristik *Marshall* untuk mengetahui pengaruh dengan digunakannya *Fly Ash* Batubara sebagai bahan pengganti sebagian *filler*. Dari hasil pengujian didapat nilai KAO sebesar 6% dan dengan penggunaan *filler* kadar 3%, 3,5%, 4%, 4,5% terlihat adanya penurunan nilai VMA, VITM, *Marshall Quotient*, dan Stabilitas, untuk nilai VFWA, *Flow*, dan *Density* mengalami kenaikan dibandingkan dengan benda uji yang tanpa *Fly Ash* Batubara.

Kata kunci: Aspal *Retona Blend 55*, *Fly Ash* Batubara, *Marshall*

Abstract. *Aspal Buton is natural resources which are owned by Indonesia. One of buton asphalt processed is Retona Blend 55 Asphalt. Due to the abundant stock and have better quality, then Retona Blend 55 Asphalt can be used as substitute for Pertamina asphalt. Another natural resoutces beside buton aspal, coal also include which are owned by Indonesia and mostly used for steam power plant. Coal Fly Ash itself has size which is passes sieve number 200 and it has hydrophobic profile. Because of that reason the authors choose Coal Fly Ash as the filler in the concrete asphalt mix and use Retona Blend 55 as the binder. The method of the experiment is using Marshall methode to determine the effect with the use of Coal Fly Ash as subtitute material of some filler. From the test results obtained KAO 6% and with application of filler of amount 3%, 3,5%, 4%, 4,5% a decrease value of VMA, VITM, Marshall Quotient, and Stability. And for VFWA, Flow and Density the value was increase compared to the test object without Coal Fly Ash.*

Key words : Coal Fly Ash, Marshall, Retona Blend 55 Asphalt

1. Pendahuluan

Menurut Undang – undang nomor 22 tahun 2009 jalan merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas, yang berada di permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Jalan

mempunyai fungsi untuk menghubungkan satu kawasan dengan kawasan yang lain.

Perkerasan lentur menggunakan bahan berupa aspal yang membedakan dari tipe perkerasan yang lainnya. Aspal yang digunakan di Indonesia merupakan aspal penetrasi yang biasa didapatkan dari PT. Pertamina (Persero). Indonesia mempunyai sumber daya alam yang berlimpah, salah satunya adalah aspal. Aspal Buton atau

Asbuton merupakan aspal alam yang berasal dari Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Banyak para peneliti mengembangkan penelitian tentang Aspal Buton dan cara untuk menaikkan mutu aspal sendiri. Salah satunya menggunakan Aspal Buton dan dengan ditambahkan bahan-bahan lain yang diharapkan dapat meningkatkan mutu aspal. Dari sekian banyak pengolahan aspal alam buton, salah satunya terdapat *Retona Blend 55* yang merupakan hasil pengolahan *refinery buton asphalt* dicampur dengan aspal minyak penetrasi 60 atau penetrasi 80.

Beberapa peneliti sebelumnya melakukan penelitian mengenai aspal Retona Blend 55. Penelitian tersebut menjadi acuan bagi penulis, yaitu Chaira (2016) Dari hasil pengujian parameter Marshall untuk campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* dengan variasi pencampuran material kerak tanur cangkang sawit dan material batu pecah pada kadar aspal optimum pada rendaman 30 menit dengan variasi 25% / 75%, 50% / 50%, 75% / 25 %, 100% / 0% semuanya memenuhi persyaratan. Sedangkan untuk nilai durabilitas untuk semua variasi memenuhi syarat yaitu >80%. Perbedaan penelitian ini terelak pada *filler* yang digunakan.

Fasdarsyah dkk. (2014) melakukan penelitian yang bertujuan seberapa besar pengaruh abu batu, abu granit, dan abu keramik sebagai *filler* yang digunakan terhadap karakteristik hasil uji *Marshall*. Hasil pengujian tersebut memenuhi persyaratan yang tertulis dalam Bina Marga 2010.

Fatmawati (2013) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengkaji ulang perilaku aspal campuran panas AC-WC yang menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan variasi temperatur rendaman yang dibuat agar memenuhi persyaratan. Perbedaan pengujian ini adalah terletak pada penggunaan aspal dan metodologi yang digunakan.

Gunadi dkk. (2013) melakukan penelitian yang memiliki tujuan mengkaji sifat-sifat plastik menjadi sebagian *filler*. Untuk stabilitas mendapatkan nilai yang memenuhi spesifikasi. Sedangkan untuk *Marshall Quotient* semua kadar variasi plastik tidak memenuhi Peraturan Bina Marga (2010). Nilai VITM semakin besar seiring dengan bertambahnya kadar variasi plastik, namun nilai tersebut tidak memenuhi spesifikasi karena nilai-nilainya melebihi batas maksimum yang dianjurkan. Nilai VMA sama seperti nilai VITM untuk semua variasi tidak memenuhi spesifikasi karena nilainya telah melebihi dari batas maksimum yang dianjurkan.

Mansyur dkk. (2012) melakukan pengujian yang bertujuan meningkatkan karakteristik dari campuran AC-WC dan hasil pengujiannya dapat dijadikan referensi kapur digunakan sebagai bahan

aditif untuk campuran aspal. Hasil terbaik adalah pada variasi 15% dengan meningkatnya nilai stabilitas.

Marpaung dkk. (2004) melakukan eksperimen yang bertujuan dapat meningkatkan kinerja suatu perkerasan yang dapat ditentukan dengan menggunakan pengujian *Marshall*. Kadar Retona yang digunakan diambil dari berat total agregat kering. Bahan pengikatnya menggunakan aspal minyak dengan penetrasi 80. Hasil dari penelitian ini pun kadar yang memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010) adalah pada kadar variasi 0,5%.

Misbah dkk. (2014) melakukan penelitian yang memiliki tujuan mengetahui perbandingan antara aspal penetrasi 60/70 dengan ditambahkan Aspal Buton berbutir dengan kadar variasi yang berbeda-beda. Nilai stabilitas dengan benda uji yang diberi tambahan Aspal Buton berbutir untuk semua kadar variasi mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kadar variasi Aspal Buton berbutir. Nilai *Flow* dengan benda uji yang di tambahkan kadar Aspal Buton berbutir mengalami penurunan, tetapi untuk variasi kadar 2,5% masih memenuhi spesifikasi, tetapi untuk 3% dan 5% tidak memenuhi. Untuk nilai MQ dan VFB pada semua variasi kadar Aspal Buton berbutir mengalami kenaikan, dan untuk kadar 3% dan 5% kenaikan cukup tinggi. Nilai VMA dan VITM semua kadar variasi mengalami penurunan jika dibandingkan dengan campuran yang tidak ditambahkan Aspal Buton berbutir.

Nofrianto (2014) melakukan eksperimen yang memiliki tujuan mengetahui perbandingan antara Aspal Buton Retona Blend 55 dengan Aspal Penetrasi 60/70 dengan pengujian karakteristik *Marshall*. Untuk Aspal Buton Retona Blend 55 memiliki kelebihan yaitu memiliki stabilitas yang tinggi.

Permana dkk. (2017) melakukan penelitian yang bertujuan mengetahui perbandingan antara Aspal Buton Retona Blend 55 dengan Aspal Penetrasi 60/70 dengan pengujian karakteristik *Marshall*. Untuk Aspal Buton Retona Blend 55 memiliki kelebihan yaitu memiliki stabilitas yang tinggi. Dari hasil pengujian pun Asbuton memiliki stabilitas yang lebih baik, sama seperti parameter yang lainnya Asbuton memiliki nilai yang lebih baik.

Tanahaya dkk. (2016) melakukan penelitian menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan penambahan lateks dengan kadar variasi yang berbeda-beda diambil dari total berat bahan pengikat yang berupa aspal. Pada pengujian ini didapat hasil pengujian yang memenuhi spesifikasi pada kadar varian 4%. Perbedaan dengan penelitian ini tidak menggunakan lateks sebagai

bahan tambah, tetapi menggunakan *filler Fly Ash* Batubara sebagai bahan pengganti sebagian dan menggunakan Aspal Retona Blend 55 sebagai bahan pengikat.

Abu terbang batubara atau yang biasa disebut *Fly Ash* batubara adalah suatu material yang memiliki butiran partikelnya berukuran kecil dan halus dan memiliki warna abu-abu dan biasanya didapatkan dari pembakaran batubara. atau yang biasa disebut PLTU yang ada di Indonesia menggunakan batubara sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap. Dari pembakaran batubara tersebut terdapat limbah berbentuk padat yang dihasilkan berupa abu dasar (*bottom ash*) dan abu terbang (*Fly Ash*). Maka salah satu dalam pemanfaatan penggunaan limbah pembakaran batubara yang berupa *Fly Ash* dan *Bottom Ash* adalah untuk sebagai bahan pengganti sebagian *filler*. *Fly Ash* batubara memiliki fungsi untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran karena memiliki ukuran butir yang cukup halus yaitu lolos saringan no. 200 atau 0,075 mm dan memberikan kontak dengan agregat – agregat yang ukurannya lebih besar. Sifat *hydrophobic* yang dimiliki oleh *Fly Ash* batubara sangat membantu dalam membuat campuran meningkatkan nilai *stiffness* dan *durability*. Dari alasan diatas maka penulis melakukan penelitian menggunakan *Fly Ash* batubara sebagai bahan pengganti sebagian *filler* dalam campuran laston dan menggunakan Aspal Retona Blend 55. Diharapkan abu terbang batubara tersebut dapat menambahkan kekuatan pada benda uji yang kami buat dan akan kami uji. Lapis aspal beton yang secara umum digunakan secara luas diberbagai negara direncanakan untuk memperoleh kepadatan yang tinggi, nilai struktural tinggi dan kadar aspal yang rendah (Suhardi dkk., 2016).

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini merupakan metode penelitian ini dilakukan dimana percobaan yang belum pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar dan halus yang didapatkan dari *stone crusher* UD. Watu Ireng yang berada di Clereng, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Aspal *Retona Blend 55* yang didapat dari PT. Olah Bumi Mandiri, *Fly Ash* Batubara yang didapat dari CV. Lestari.

Pada pengujian ini menggunakan alat-alat yang berada di Transportasi dan Jalan Raya Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Alat tersebut adalah Marshall Electrical Machine yang digunakan untuk menguji benda uji karakteristik Marshall, *Water Bath* yang digunakan untuk merendam benda uji sebelum pengujian *Marshall*,

Extruder untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan, kompor listrik, saringan agregat, mesin *Los Angeles* untuk menguji keausan agregat kasar, oven, neraca *Ohaus*, kaliper, dan penetrometer.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan benda uji untuk pengujian kadar aspal optimum (KAO) berjumlah 9 benda uji dengan variasi aspal yang berda-beda yaitu 5,5%, 6%, dan 6,5% dan masing – masing variasi berjumlah 3 benda uji. Sedangkan untuk pengujian yang menggunakan *Fly Ash* Batubara sebagai pengganti sebagian *filler* berjumlah 12 benda uji dengan kadar variasi 3%, 3,5%, 4%, dan 4,5%. Dimana kadar variasi tersebut diambil dari berat agregat yang digunakan. Untuk melakukan pengujian karakteristik *Marshall* terhadap benda uji menggunakan *Marshall Electrical Machine* yang berada di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Tabel 1. Jumlah benda uji pengujian kadar aspal optimum

Pengujian KAO			
Kadar	Benda uji		
5,5%	A	B	C
6%	A	B	C
6.5%	A	B	C
Jumlah	9		

Tabel 2. Jumlah benda uji pengujian kadar *Fly Ash* Batubara

Pengujian Penambahan <i>Fly Ash</i> Batu Bara dengan KAO 6%			
Kadar	Benda uji		
3%	A	B	C
3,5%	A	B	C
4%	A	B	C
4,5%	A	B	C
Jumlah	12		

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum dilakukannya pengujian karakteristik Marshall peneliti melakukan penelitian terdahulu tentang bahan – bahan yang akan digunakan pada pengujian. Dari hasil pemeriksaan bahan, digunakan untuk mengetahui bahwa bahan yang digunakan telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau belum memenuhi. Pengujian bahan – bahan dilakukan sesuai dengan standar yang telah ditentukan dalam BSN. Bahan – bahan yang dilakukan adalah pengujian agregat, dan aspal.

Hasil Pengujian Agregat

Dalam pengujian agregat, agregat yang digunakan berasal dari *stone crusher* UD. Batu Ireng yang berada di Clereng, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Dan dari hasil pengujian yang telah dilakukan, agregat telah memenuhi spesifikasi sehingga bisa digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3. Pengujian agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil	Satuan	Spesifikasi Pengujian	
			Min.	Maks.
Berat Jenis <i>Appareant</i>	2,60	-	2,5	-
Berat Jenis Efektif	2,67	-	-	-
Berat jenis <i>Bulk</i>	2,56	-	-	-
Penyerapan	1,66	%	-	3
Pengujian Abrasi	26,21	%	-	40

Tabel 4. Pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil	Satuan	Spesifikasi Pengujian	
			Min.	Maks.
Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,462	-	-	-
Berat jenis <i>Apparent</i>	2,52	-	2,5	-
Berat jenis efektif	2,62	-	-	-
Penyerapan	2	%	-	3

Hasil Pengujian Aspal

Setelah melakukan pengujian agregat, hal selanjutnya adalah melakukan pengujian aspal. Aspal yang digunakan dalam pengujian ini merupakan aspal buton hasil ekstraksi yaitu Aspal Retona Blend 55 yang merupakan hasil produksi dari PT. Olah Bumi Mandiri.

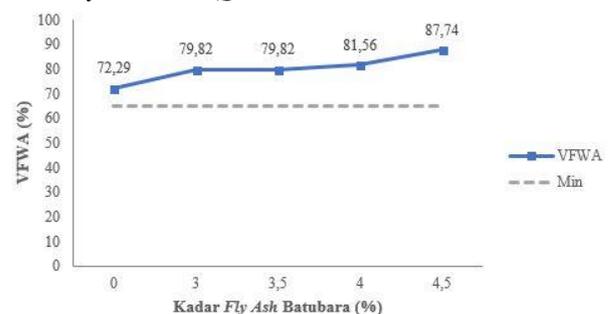
Tabel 5. Hasil pengujian Aspal

Jenis Pengujian	Satuan	Hasil rata-rata	Spesifikasi Pengujian	
			Min	Maks
Berat Jenis	gr/cm ³	1,1	1	-
Titik Lembek	°C	54,25	53	-
Daktilitas	cm	166	100	-
Kehilangan Berat Minyak	%	0,125	-	0,8
Penetrasi	0,1 mm	50,7	50	-

Dari Tabel 5 hasil pengujian aspal didapat nilai pengujian berat jenis rata-rata adalah 1,1 sudah memenuhi syarat minimal 1. Sedangkan untuk titik lembek rata-rata didapat hasil 54,25 °C, hasil tersebut pun sudah memenuhi syarat sesuai dengan Bina Marga (2010) yaitu $\geq 53^{\circ}\text{C}$. Untuk pengujian daktilitas didapat hasil rata-rata 166 cm sudah melebihi batas minimal yaitu 100 cm. Pengujian kehilangan berat minyak mendapatkan hasil rata-rata 0,125% masih sesuai dengan peraturan yaitu kurang dari 0,8%. Dan untuk pengujian penetrasi didapat hasil rata-rata 50,7 mm sudah diatas dari yang seharusnya yaitu lebih dari 50 mm

Hasil Karakteristik Marshall VFWA

Semua bahan telah memenuhi spesifikasi, maka pengujian yang dilakukan selanjutnya adalah pengujian karakteristik Marshall . Pengujian Marshall merupakan salah satu cara untuk mengetahui nilai parameter yang digunakan dalam campuran tersebut telah memenuhi spesifikasi atau belum. Pada pengujian ini dilakukan agar mengetahui hubungan antara pengganti *filler* sebagian *Fly Ash* Batubara dengan parameter karakteristik Marshall seperti nilai *Desity*, *Stability*, *Flow*, *MQ*, *VFWA*, *VMA*, dan *VITM*.



Gambar 2. Hubungan varian fly ash dengan VFWA

VMA

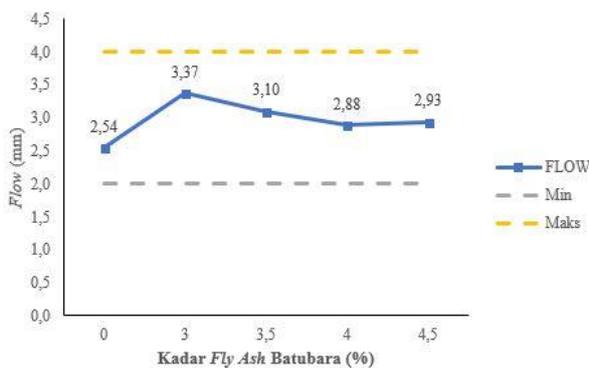
VMA atau *Voids in the Mineral Aggregate* merupakan banyaknya volume pori antara butir agregat dalam campuran aspal beton yang telah dipadatkan dan dinyatakan dalam presentase dari volume keseluruhan aspal beton. Untuk nilai VMA sendiri telah ada ketentuan minimumnya yang tercantum dalam Peraturan Bina Marga (2010) yaitu nilainya sebesar 15%. Dilihat hasil pengujian karakteristik marshall pada parameter nilai VMA bahwa nilai hasil pengujian semakin bertambahnya variasi kadar *filler Fly Ash* Batubara maka nilai dari *voids in the mineral aggregate* akan semakin menurun.



Tabel 4. Hubungan varian *fly ash* dengan VMA

Flow

Flow atau yang biasa disebut sebagai pelelehan merupakan perubahan fisik atau besar kecilnya nilai deformasi yang diakibatkan oleh beban yang diterima campuran sampai titik keruntuhannya. Nilai pelelehan didapat dari arloji *flow meter* dan dalam arloji tersebut dinyatakan dalam milimeter (mm).

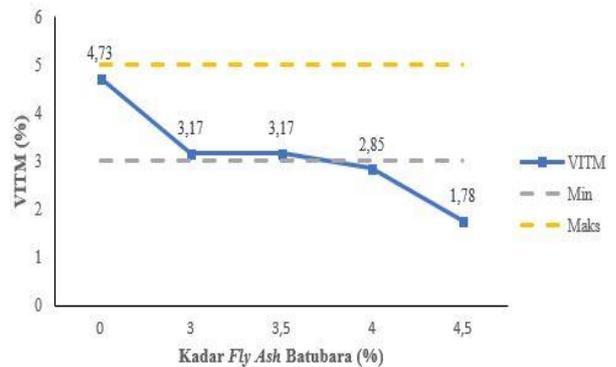


Gambar 3. Hubungan varian *fly ash* dengan *Flow*

VITM

VITM atau *Voids In The Mix* merupakan jumlah banyak sedikitnya pori yang berada diantara butir agregat yang telah diselimuti oleh aspal dengan satuan persen terhadap volume dari campuran aspal beton yang telah dipadatkan. Nilai VITM yang sangat besar dapat mengakibatkan

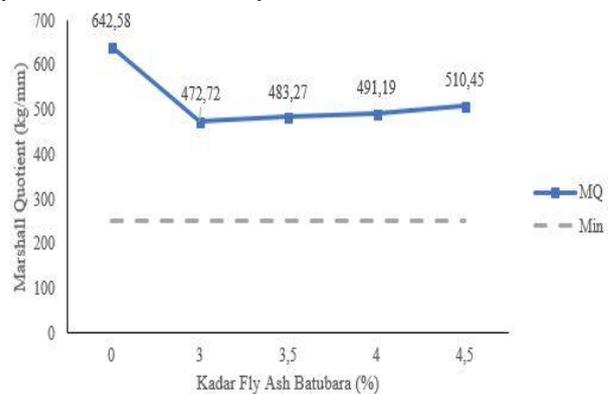
kurang kedapnya campuran dari air sehingga dapat mempercepat dari umur campuran tersebut.



Tabel 5. Hubungan varian *fly ash* dengan VITM

Marshall Quotient

MQ atau *Marshall Quotient* merupakan rasio antara stabilitas dengan kelelahan yang digunakan untuk indikator kaku apa tidaknya campuran (Sukirman, 2003). Jika suatu campuran memiliki kekakuan yang tinggi maka nilai MQ (*Marshall Quotient*) campuran tersebut tinggi begitu juga sebaliknya, apabila kekakuan dari suatu campuran memiliki nilai yang rendah maka nilai MQ (*Marshall Quotient*) campuran akan rendah. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap besar kecilnya nilai MQ (*Marshall Quotient*) adalah pembagian agregat, kadar aspal, kohesi, energi pemadatan, dan suhu pemadatan.

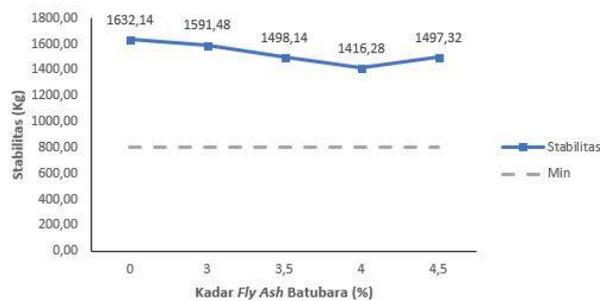


Gambar 4. Hubungan varian *fly ash* dengan MQ

Stabilitas

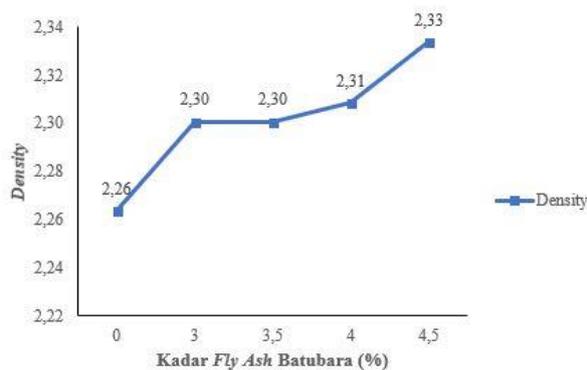
Stabilitas merupakan suatu kemampuan campuran untuk menerima beban berulang (repetisi) hingga ke titik maksimum plastis campuran tersebut sampai campuran tersebut kelelahan. Nilai stabilitas di dapat dari arloji *stability meter* yang terdapat pada alat uji *Marshall* dan dari bacaan arloji tersebut dikalikan dengan nilai kalibrasi dari *proving ring* dan setelahnya dikoreksi dengan koreksi akibat variasinya dari semua tebal benda uji. Berdasarkan Peraturan Bina

Marga (2010) nilai minimum stabilitas untuk campuran AC-WC adalah 800 kg.



Gambar 5. Hubungan varian *fly ash* dengan Stabilitas

Kepadatan atau yang biasa disebut *Density* merupakan berat dari campuran per satuan volumenya. Kepadatan suatu campuran bisa dipengaruhi oleh banyaknya kadar aspal yang digunakan, kualitas dari material yang digunakan, banyak atau sedikitnya tumbukan yang dilakukan, maupun variasi dari bahan penyusunnya. Semakin padat suatu campuran maka semakin tinggi nilai stabilitas campuran tersebut dan campuran tersebut menjadi lebih mampu untuk menahan beban lalu lintas yang tinggi dan menjadi semakin kedap terhadap air.



Gambar 6. Hubungan varian *fly ash* dengan *Density*

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan terhadap campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan bahan pengganti sebagian *filler Fly Ash* Batubara, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kadar aspal optimum Aspal Retona Blend 55. Nilai kadar aspal optimum untuk penelitian ini yang menggunakan Aspal Retona Blend 55 dengan campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) adalah 6%.
2. Penggunaan *Fly Ash* Batubara sebagai bahan pengganti sebagian *filler* memiliki pengaruh terhadap karakteristik Marshall, diantaranya sebagai berikut :

- a. Nilai VFWA cenderung menjadi naik bersamaan dengan bertambahnya kadar *Fly Ash* Batubara yang digunakan dimuali dari kadar 3% hingga 4,5%. Untuk semua variasi telah memasuki spesifikasi dengan kadar variasi 4,5% memiliki nilai tertinggi yaitu 87,75%.
- b. Nilai VMA menjadi terus menurun dengan seiring bertambahnya kadar variasi *Fly Ash* Batubara. Hanya pada kadar variasi 4,5% yang nilai VMA nya berada di bawah spesifikasi yaitu 14,5% yang batas minimum standarnya 15%.
- c. Nilai *Flow* untuk semua kadar variasi telah memenuhi spesifikasi yaitu berada pada rentang 2 – 4 milimeter, dan nilai tertinggi berada di variasi 3% dengan nilai 3,37 milimeter.
- d. Nilai VITM cenderung menjadi turun bersamaan dengan bertambahnya kadar variasi *Fly Ash* Batubara dan untuk kadar variasi 4% dan 4,5% tidak memenuhi spesifikasi yang nilainya berada pada rentang 3% – 5%
- e. Nilai MQ menjadi turun dimulai pada variasi 0% hingga 3%, dan kemudian akan menjadi naik kembali hingga ke kadar variasi *Fly Ash* Batubara 4,5%
- f. Nilai stabilitas campuran untuk semua variasi memenuhi spesifikasi dengan nilai tertinggi pada kadar variasi *Fly Ash* Batubara 0% dengan nilai 1632,14 kg.
- g. Nilai kepadatan (*Density*) cenderung menjadi naik seiring dengan bertambahnya kadar variasi *Fly Ash* Batubara

5. Daftar Pustaka

- Bina Marga, 2010, Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Revisi 3, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Chaira, Isya, M., 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
- Fasdarsyah, Mukhlis, Sulaiman. 2014. Pengaruh Penambahan Filler Granit dan Keramik pada Campuran Laston AC-WC terhadap Karakteristik Uji Marshall. *Teras Jurnal*. 4 (1): 11-21
- Fatmawati, L. 2013. Karakteristik Marshall dalam Aspal Campuran Panas AC-WC terhadap Variasi Temperatur Perendaman. *Wahana Teknik Sipil*. 18 (2): 88-94

- Gunadi, M.A.D., Thanaya, I.N.A., Negara, I.N.W. 2013. Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) dengan Menggunakan Plastik Bekas sebagai Bahan Pengganti sebagian Agregat. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. 17 (2): 191-201
- Mansyur, K., Mashuri, Alhadar, A. 2012. Studi Penggunaan Kapur sebagai Bahan Aditif terhadap Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi*. 2 (2): 55-71
- Marpaung, L.M.H., Joewono, T.B., Gunawan, S.U. 2004. Studi Karakteristik Campuran Beton Aspal menggunakan Bahan Tambah Retona. *Jurnal Transportasi*. 4 (2): 111-120
- Misbah, Firdaus. 2014. Kajian Penambahan Aspal Asbuton BGA (Buton Granular Asphalt) dalam Campuran Panas Aspal Agregat (AC-WC) dengan Pengujian Marshall. *Jurnal Momentum*. 16 (1): 45-55
- Nofrianto, H. 2014. Kajian Campuran Panas Aspal Agregat Asbuton Retona Blend 55 (AC-WC) dan Aspal Pen 60/70 dengan Pengujian Marshall. *Jurnal Teknik Sipil ITP*. 1 (1): 47-56
- Permana, R.A., Pramesti, F.P., Setyawan, A. 2017. Characteristic Asphalt Concrete Wearing Course (ACWC) Using Variation Lime Filler. *Proceeding of International Conference on Advanced Materials for Better Future 2017, in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 333 (2018). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/333/1/012095>.
- Suhardi., Pratomo, P., Ali, H., 2016, Studi Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal dengan Penambahan Limbah Botol Plastik, *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 4 (2): 284 – 293.
- Sukirman, S., 2003, Perkerasan Lentur Jalan Raya, *Nova*, Bandung.
- Thanaya, I.N.A., Puranto, I.G.R., Nugraha, I.N.S. 2016. Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks. *Media Komunikasi Teknik Sipil*. 22 (2): 77-86.
- Undang – Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.