

Pengaruh Karakteristik Marshall Campuran AC-WC Menggunakan Bahan Pengikat Aspal Retona Blend 55 Dengan Filler Fly Ash Batubara Kadar 5%, 5,5%, 6%, Dan 6,5%

Effects of Marshall Characteristics to AC-WC Mixture Using Asphalt Retona Blend 55 with Fly Ash Filler 5%, 5,5%, 6%, And 6,5%

Muhammad Dinar Rohmatulloh, Anita Rahmawati

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Perkerasan lentur digunakan pada banyak jalan di Indonesia. Sebagian besar dari perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal yang berasal dari minyak bumi, sedangkan di Indonesia memiliki sumber daya alam aspal alami atau biasa disebut Aspal Buton. Salah satu dari olahan Aspal Buton adalah Aspal Retona Blend 55 yang didapatkan dari hasil olahan antara aspal penetrasi 60 dan 80 dengan asbuton yang diolah semi ekstraksi. Pada campuran aspal biasanya menggunakan abu batu sebagai bahan pengisi. Namun dalam penelitian ini menggunakan fly ash sebagai bahan pengisi. Pada Pengujian Metode Marshall untuk penelitian ini menggunakan Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3) sebagai pedoman untuk mengetahui kualitas campuran. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan fly ash sebagai campuran AC-WC. Parameter yang dinilai adalah stabilitas, flow, VIM, VMA dan MQ. Hasil uji KAO yang diperoleh adalah 6% dan persentase fly ash sebagai filler adalah 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. Hasil Uji Marshall menunjukkan bahwa nilai VIM dan VMA cenderung menurun dengan meningkatnya persentase fly ash, tetapi nilai VFA cenderung meningkat. Dari perbandingan nilai stabilitas dan flow, hasil Marshall Quotient tanpa fly ash sebesar 642,58 kg / mm dan penggunaan fly ash 5% sebesar 558,80 kg / mm.

Kata-kata kunci: AC-WC, *Marshall*, Aspal Retona Blend 55, *Fly ash*

Abstract. The flexible pavement use for many roads in Indonesia. The mostly of flexible pavements used asphalt binder material derived from petroleum refineries, while in Indonesia has natural resources of natural asphalt or commonly called Aspal Buton. One of the asphalt buton process is Retona Blend 55 asphalt which can be found from result between penetration asphalt 60 and 80 with asbuton processed semi extraction. In asphalt mixture usually using stone ash as a filler. But in this research using fly ash. Parameter Marshall Test in this study using Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3) is used to know the quality of AC-WC. This study was conducted to determine the effect of utility fly ash as a mixture of asphalt concrete in wearing course. The parameters assessed are stability, flow, VIM, VMA and MQ. The result of KAO test obtained is 6% and the percentage of fly ash as a filler are 5%, 5,5%, 6%, and 6,5%. The result of Marshall Test showed that value of VIM and VMA have tendency to decrease with increasing of percentage of fly ash, but the value of VFA have tendency to increase. From the comparison of stability and flow values, Marshall Quotient without fly ash amounted to 642.58 kg / mm and using fly ash 5% amounted to 558.80 kg / mm.

Keyword : AC-WC, *Marshall*, Aspal Retona Blend 55, *Fly ash*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara dengan perkembangan transportasi yang sangat pesat. Maka perlu didukung dengan pembangunan sarana dan prasarana yang baik. Jalan

merupakan prasarana transportasi yang ada di darat. Dengan kondisi jalan yang baik maka akan meningkatkan efisiensi lalu-lintas. Jalan dibagi menjadi 3 jenis perkerasan, salah satu jenis perkerasan yaitu perkerasan lentur.

Konstruksi jalan yang terdapat di Indonesia umumnya menggunakan perkerasan lentur karena pada campuran perkerasan lentur ini menghasilkan lapisan perkerasan yang tahan lama dan kedap air (Iqbal dkk., 2018). Penggunaan perkerasan lentur menjadikan jalan lebih memiliki tingkat kenyamanan dibandingkan dengan jenis perkerasan kaku. Kekuatan pada campuran perkerasan dipengaruhi oleh sifat-sifat yang terdapat dari material untuk campuran. Campuran aspal dapat dimodifikasi dengan memberikan beberapa macam zat tambahan, seperti zat aditif, bahan alam, maupun sisa limbah (Isnanda dkk., 2018). Pembuatan campuran untuk perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat berupa aspal. Aspal buton merupakan aspal alam yang berasal dari Pulau Buton, Sulawesi Tenggara yang berbentuk batuan dan diekstraksi.

Pada penelitian Setiawan (2011) menggunakan campuran Asbuton butir dan aspal penetrasi sebagai bahan pengikat untuk mencari nilai karakteristik *marshall*. Pada penelitiannya digunakan variasi kadar asbuton T15/25 sebesar 11,5%, 12,5%, 13,5%, dan 14,5%. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan nilai optimum dari pengujian *marshall* sebesar 12,1%. Selain itu pada penelitian Misbah dan Firdaus (2014) juga menggunakan asbuton butir sebagai penambahan bahan pengikat aspal penetrasi 60/70. Pada penelitian tersebut didapatkan hasil pemeriksaan Aspal Buton Berbutir (BGA) dengan nilai penetrasi sebesar 17, titik lembek sebesar 63,3°C, titik nyala 288°C, kehilangan berat 0,02%, daktilitas sebesar >140 cm, dan berat jenis sebesar 1,044 gr/cc.

Salah satu hasil modifikasi dari Aspal Buton adalah Aspal Retona Blend 55. Pada kajian penelitian Sukmana dkk. (2014) menjelaskan tentang sifat-sifat *marshall* pada lapis tipis campuran aspal panas dengan campuran bahan pengikat Aspal Retona Blend 55 dan Aspal Penetrasi 60/70. Dan pada penelitian yang dilakukan Nofrianto (2014) tentang perbandingan antara Aspal Retona Blend 55 dan Aspal Penetrasi 60/70 pada campuran perkerasan AC-WC. Sedangkan pada penelitian oleh Setyawan dkk. (2014) dilakukan pengujian yang membandingkan kekuatan dan ketahanan lapis tipis campuran

aspal panas antara Aspal Retona Blend 55 dan Aspal Penetrasi 60/70 dengan mencari nilai pengujian kuat tekan bebas. Penggunaan Aspal Retona Blend 55 juga dimanfaatkan sebagai bahan kajian oleh Firdaus dkk. (2018) tentang penelitiannya dengan metode *overlapping* antara Aspal Penetrasi dan Aspal Retona Blend 55 dengan agregat yang digunakan berasal dari daerah Simeuleu. Kajian lainnya tentang penggunaan Aspal Retona Blend 55 oleh Chaira dkk. (2016) yaitu mencari pengaruh penggunaan limbah kerak tanur cangkang sawit dengan bahan pengikat Aspal Retona Blend 55 untuk campuran AC-WC.

Fly ash batubara merupakan material dengan ukuran butiran kecil dan halus. *Fly ash* pada umumnya didapatkan dari hasil pembakaran batubara yang digunakan untuk bahan bakar PLTU. *Fly ash* dapat dimanfaatkan sebagai *filler* campuran beraspal karena ukuran butirannya menyerupai ukuran butiran abu batu. Penelitian yang dilakukan oleh Yanti dkk. (2017) mengenai pengaruh penggunaan *fly ash* untuk *filler* pada campuran AC-BC.

Tujuan penelitian yang dilakukan ini merupakan penelitian yang mengkaji tentang pengaruh penggunaan Aspal Retona Blend 55 sebagai bahan pengikatnya serta *fly ash* batubara untuk pengganti sebagian dari *filler* untuk campuran AC-WC dengan metode pengujian *marshall*.

2. Metode Penelitian

Sebelum pelaksanaan pengujian, tahap awal penelitian dimulai dari tahap persiapan. Tahap persiapan dilakukan dengan studi pustaka dan mencari referensi sebagai dasar penelitian. Setelah studi pustaka dilakukan, selanjutnya mempersiapkan bahan material dan alat. Bahan-bahan material yang digunakan adalah Aspal Retona Blend 55 hasil produksi PT. Olah Bumi Mandiri, agregat kasar dan halus berasal dari Clereng, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan *fly ash* batubara sebagai *filler* produksi CV. Lestari, Surabaya. Alat-alat yang digunakan untuk penelitian adalah oven, timbangan, *shieve shaker machine*, mesin uji abrasi *Los Angeles*, mesin uji daktilitas, *penetrometer*, kaliper, kompor listrik, *water bath*, dan *Marshall Electrical Machine* untuk menguji

karakteristik *Marshall* campuran yang berada di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Metode pengambilan data yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen benda uji di laboratorium.

Tahap pembuatan benda uji dilakukan dengan metode *hotmix* dan ditumbuk dengan 75 kali tumbukan untuk setiap sisinya.

Variabel-variabel pada penelitian ini dengan membuat 9 benda uji untuk mencari KAO (kadar aspal optimum) dengan variasi aspal 5,5%, 6%, dan 6,5% dengan masing-masing 3 benda uji untuk setiap variasi kadar aspal. Sedangkan untuk variasi penggunaan *fly ash* sebagai pengganti *filler* sebagian pada campuran aspal berjumlah 12 benda uji dengan kadar variasi *fly ash* 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% dengan masing-masing 3 benda uji untuk setiap variasinya seperti yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan jumlah benda uji yang digunakan

Pengujian KAO			Pengujian Penggunaan <i>Fly Ash</i> Batu Bara		
Kadar	Benda uji		Kadar	Benda uji	
5,5%	A	B C	5%	A	B C
6%	A	B C	5,5%	A	B C
6,5%	A	B C	6%	A	B C
			6,5	A	B C
Jumlah	9		Jumlah	12	

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mengetahui hasil dari benda uji, perlu dilakukan pengujian terhadap bahan material yang digunakan sebagai penyusun campuran. Bahan material yang digunakan harus memenuhi spesifikasi yang berlaku. Spesifikasi bahan yang dijadikan dasar penelitian adalah Spesifikasi Bina Marga 2010. Untuk metode pengujian bahan dilakukan berdasarkan aturan dan tata cara pada SNI baik untuk pengujian pada aspal maupun agregat.

Hasil Pengujian Aspal

Pengujian aspal untuk Aspal Retona Blend 55 dilakukan untuk mengetahui apakah

aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat campuran sudah sesuai spesifikasi yang ditentukan atau belum. Dari hasil pengujian aspal didapatkan data pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian Aspal Retona Blend 55 di laboratorium

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

Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat kasar dan halus dilakukan sebelum digunakan sebagai bahan campuran dengan hasil yang didapatkan adalah nilai berat jenis agregat dan penyerapan air. Berikut hasil pengujian bahan agregat kasar pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian agregat kasar

No	Pengujian	Hasil	Spesifikasi Pengujian	Satuan
1	Berat Jenis <i>Appareant</i> Berat Efektif	2,60	≥2,5	-
2	Berat jenis <i>Bulk</i>	2,67	-	-
3	Penyerapan Pengujian Abrasi	2,56	-	-
4		1,66	≤3	%
5		26,21	≤40	%

Tabel 4. Hasil pengujian agregat halus

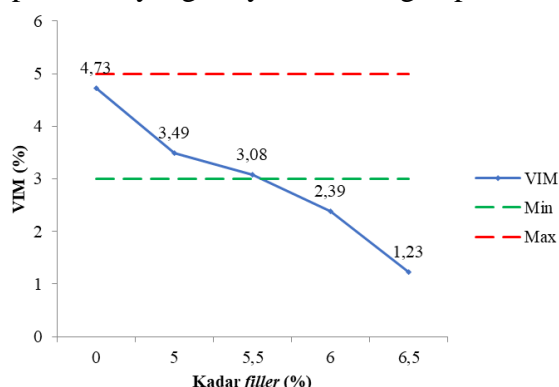
No	Pengujian	Hasil	Spesifikasi Pengujian	Satuan
1	Berat Jenis <i>Appareant</i> Berat	2,52	$\geq 2,5$	-
2	Berat Jenis Efektif	2,62	-	-
3	Berat jenis <i>Bulk</i>	2,46	-	-
4	Penyerapan	2	≤ 3	%

Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall*

Setelah semua bahan memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, maka dilaksanakan pembuatan benda uji agar dapat dilakukan proses pengujian karakteristik campuran dengan metode *marshall*, dari hasil pengujian dengan metode *marshall* didapatkan parameter-parameter hasil dari pengujian sebagai berikut:

VIM (Void In Ihe Mixture)

Parameter ini digunakan untuk mengetahui pori atau rongga udara yang berada diantara butiran agregat yang telah diselimuti aspal pada campuran yang sudah dipadatkan yang dinyatakan dengan persen.



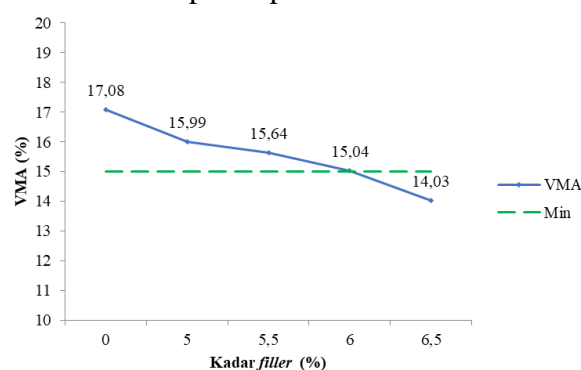
Gambar 1. Pengaruh kadar *fly ash* batubara dengan VIM

Hasil dari nilai VIM tertinggi sebesar 4,73 % terdapat pada kadar *filler fly ash* 0%. Selanjutnya nilai VIM mengalami penurunan. Pada kadar *filler* 5% dan 5,5% memiliki nilai

VIM sebesar 3,49% dan 3,08%, nilai VIM tersebut masih memenuhi spesifikasi untuk campuran AC-WC dengan persyaratan 3%-5%. Untuk kadar *filler* 6% dan 6,5% dengan nilai VIM sebesar 2,39% dan 1,23% tidak memenuhi spesifikasi. Penurunan nilai VIM dipengaruhi oleh semakin besar persentase penggantian *filler* sebagian *fly ash* yang menyebabkan rongga atau pori antar partikel agregat yang terisi aspal pada campuran semakin kecil.

VMA (Voids In Mineral Agregat)

VMA adalah persentase dari banyaknya rongga yang terdapat antara butir-butir agregat pada suatu campuran perkerasan.



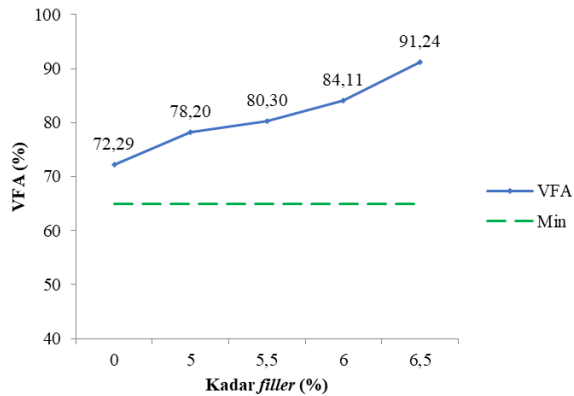
Gambar 2. Pengaruh kadar *fly ash* batubara dengan VMA

Didapatkan nilai VMA pada kadar *fly ash* 0% sebesar 17,08% , kadar *fly ash* 5% sebesar 15,99% , kadar *fly ash* 5,5% dan 6% sebesar 15,64% dan 15,04%. Pada kadar *fly ash* tersebut nilai VMA memenuhi spesifikasi minimal yaitu 15%. Sedangkan pada kadar *fly ash* 6,5% sebesar 14,03% tidak memenuhi spesifikasi. Nilai VMA pada pengujian ini semakin menurun yang dipengaruhi semakin bertambahnya kadar *fly ash* sehingga mempengaruhi rongga yang terdapat antara butir-butir agregat yang semakin kecil didalam campuran karena penggunaan *fly ash* mengurangi porositas.

VFA (Voids Filled With Asphalt)

VFA adalah persentase dari rongga pada campuran yang terisi aspal. Spesifikasi minimal dari nilai VFA adalah 65%. Hasil dari pengujian persentase VFA pada benda uji dengan kadar *fly ash* 0% sampai kadar *fly ash* 6,5% mengalami peningkatan dengan nilai

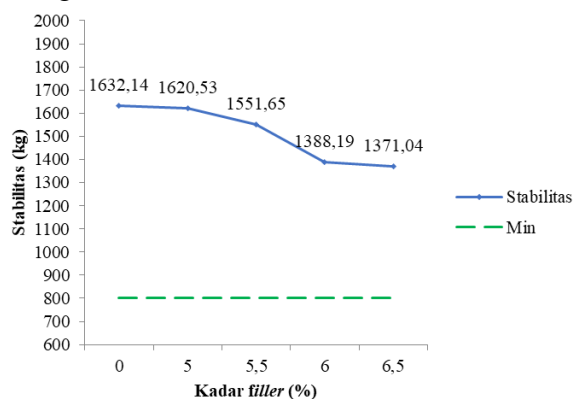
VFA sebesar 72,29% , 78,20% , 80,30% , 84,11% , dan 91,24%. Pada pengujian VFA didapatkan hasil yang memenuhi spesifikasi. Peningkatan nilai VFA dipengaruhi oleh penambahan dalam pengganti kadar *fly ash* , semakin besar kadar *fly ash* maka mengakibatkan banyak rongga yang terisi aspal semakin banyak dan membuat campuran memiliki sifat kepadatan yang tinggi.



Gambar 3. Pengaruh kadar *fly ash* batubara dengan VFA

Stabilitas

Stabilitas dipengaruhi oleh kualitas agregat yang digunakan dan aspal sebagai bahan pengikatnya. Nilai dari stabilitas didapatkan dari hasil pembacaan arloji pengukur stabilitas yang dikali dengan angka kalibrasi *poving ring* dan angka koreksi dari variasi tebal benda uji. Pada spesifikasi nilai stabilitas yang disyaratkan minimal sebesar 800 kg.



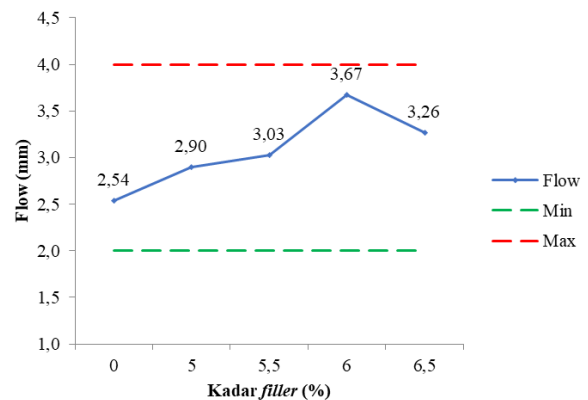
Gambar 4. Pengaruh kadar *fly ash* batubara dengan stabilitas

Hasil dari benda uji dengan masing-masing kadar *fly ash*. Pada benda uji dengan kadar *fly ash* 0% didapatkan nilai stabilitas sebesar 1632,14 kg, setelah benda uji

menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian *filler* mengalami penurunan dengan nilai kadar *fly ash* 5% , 5,5% , 6% , dan 6,5% sebesar 1620,53 kg , 1551,65 kg , 1388,19 kg , dan 1371,04 kg. Penurunan stabilitas disebabkan oleh penggunaan *fly ash* batubara. Pada hasil pengujian stabilitas ini didapatkan hasil yang memenuhi spesifikasi pada semua kadar *fly ash* yang digunakan.

Kelelahan (Flow)

Kelelahan atau *flow* merupakan nilai dari besarnya perubahan bentuk atau *deformasi* pada campuran yang diakibatkan oleh beban. Pembacaan nilai kelelahan didapat dengan menggunakan arloji *flowmeter* pada alat uji *marshall* yang dinyatakan dengan satuan mm.



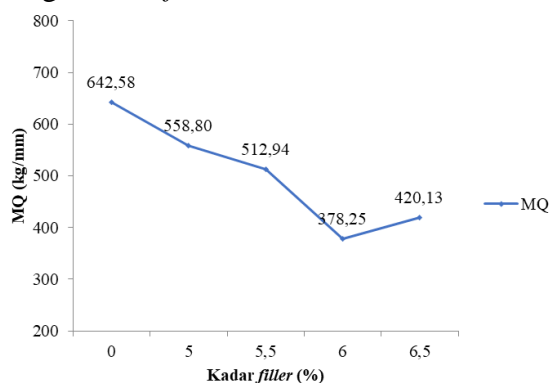
Gambar 5. Pengaruh kadar *fly ash* batubara dengan kelelahan (*flow*)

Nilai kelelahan atau *flow* mengalami peningkatan pada kadar *fly ash* 0% , 5% , 5,5% dan 6% sebesar 2,54 mm, 2,90 mm, 3,03 mm dan 3,67 mm. Namun pada penggunaan kadar *fly ash* 6,5% mengalami penurunan dengan nilai *flow* sebesar 3,26 mm. Penggunaan *fly ash* meningkatkan nilai *flow* pada benda uji dibandingkan dengan benda uji tanpa *fly ash* menyebabkan benda uji lebih *fleksibel* dalam menahan beban. Pengujian *flow* ini memenuhi spesifikasi yang ditentukan untuk campuran AC-WC dengan nilai minimal sebesar 2 mm dan nilai maksimal sebesar 4 mm.

Marshall Quotient (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* atau MQ merupakan perbandingan antara nilai stabilitas campuran dengan nilai kelelahan (*flow*) yang digunakan untuk mengetahui kekakuan dari campuran. Semakin besar nilai MQ maka campuran tersebut semakin kaku,

sebaliknya jika nilai MQ semakin kecil maka campuran semakin lentur atau mudah mengalami *deformasi*.



Gambar 6. Pengaruh kadar *fly ash* batubara dengan *Marshall Quotient*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada benda uji dengan kadar *fly ash* 0% , 5% , 5,5% dan 6% mengalami penurunan dengan nilai sebesar 642,58 kg/mm, 558,80 kg/mm, 512,94 kg/mm dan 378,25 kg/mm. Pada kadar *fly ash* 6,5% nilai MQ mengalami kenaikan sebesar 420,13 kg/mm.

Hal ini menunjukkan pada saat campuran menggunakan *fly ash* nilai MQ mengalami penurunan yang mengakibatkan campuran menjadi lebih *fleksibel* dalam menahan beban daripada campuran tanpa *fly ash* atau kadar *fly ash* 0%. Karena penggunaan *fly ash* mempengaruhi kohesi dari campuran.

4. Kesimpulan

Hasil pengujian menggunakan metode *Marshall* untuk menentukan kadar *fly ash* batubara optimum sebagai pengganti sebagian *filler* sebagian pada campuran AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dengan menggunakan bahan pengikat yaitu Aspal Retona Blend 55 didapatkan kesimpulan :

1. Kadar Aspal Optimum (KAO) pada Aspal Retona Blend 55 didapatkan hasil yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3) sebesar 6% dari berat campuran aspal.
2. Pengaruh *Fly Ash* terhadap karakteristik campuran *hotmix* AC-WC adalah sebagai berikut :
 - a. Penggunaan *fly ash* batubara mempengaruhi nilai VIM yang cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar *fly ash* yang

digunakan. Kadar *fly ash* yang memenuhi spesifikasi sebesar 5% dan 5,5% dengan nilai VIM sebesar 3,49% dan 3,08%.

- b. Nilai VMA juga mengalami penurunan pada kadar *fly ash* 5% sampai 6,5% karena dipengaruhi semakin bertambahnya kadar *fly ash* sehingga mempengaruhi rongga yang terdapat antara butir-butir agregat yang semakin kecil didalam campuran karena penggunaan *fly ash* mengurangi porositas. Pada kadar 6,5% tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan Karena kurang dari 15%.
- c. Pada nilai VFA mengalami kenaikan karena penambahan kadar *fly ash* dengan nilai tertinggi pada kadar *fly ash* 6,5% sebesar 91,24% dan pada semua kadar memenuhi spesifikasi minimum 65%. Kenaikan ini menyebabkan rongga yang terisi aspal lebih banyak dan menjadikan campuran semakin kepad.
- d. Stabilitas campuran pada semua variasi kadar *fly ash* memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Nilai stabilitas tertinggi dengan penggunaan kadar *fly ash* 5% sebesar 1620,53 kg lebih kecil dibandingkan tanpa penggunaan *fly ash* atau kadar *fly ash* 0% sebesar 1632,14 kg.
- e. Nilai kelelahan atau *flow* pada semua variasi kadar *fly ash* memenuhi spesifikasi yang ditentukan dengan rentang nilai 2 mm – 4 mm. Nilai *flow* tertinggi pada kadar *fly ash* 6% sebesar 3,67 mm. Penggunaan *fly ash* meningkatkan nilai *flow* pada benda uji dibandingkan dengan campuran tanpa *fly ash* yang menyebabkan campuran lebih *fleksibel* dalam menahan beban.
- f. Nilai Marshall Quotient mengalami penurunan pada kadar *fly ash* 0% sampai 6% lalu mengalami kenaikan pada kadar *fly ash* 6,5%. Nilai MQ dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow* dengan pengaruh penggunaan *fly ash* pada campuran.

5. Daftar Pustaka

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.
- Firdaus, Yunus, Y., Isya, M., 2018, Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Agregat Simeuleu Dengan Variasi Aspal Retona Blend 55 dan Aspal Penetrasi 60/70, *Jurnal Teknik Sipil*, 1 (3), 605-616.
- Iqbal, Saleh, S.M., Isya, M., 2018, Uji *Marshall* Terhadap Campuran AC-WC Dengan Substitusi Kolaborasi Limbah Pet Dan SBB Ke Dalam Aspal Penetrasi 60/70, *Jurnal Teknik Sipil*, 1 (3), 627-636.
- Isnanda, Saleh, S.M., Isya, M., 2018, Pengaruh Substitusi *Polystyrene* (PS) Dan Abu Arang Tempurung Kelapa Sebagai *Filler* Terhadap Karakteristik Campuran AC-WC, *Jurnal Teknik Sipil*, 1 (3), 637-646.
- 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*, 1 (1), 47-56.
- Setiawan, A., 2011, Studi Penggunaan Asbuton Butir Terhadap Karakteristik *Marshall Asphalt Concrete-Wearing Course* Asbuton Campuran Hangat (AC-WC-ASB-H), *SMARTek*, 9 (1), 11-27.
- Setyawan, A., Sanusi., Sujatmiko, G.F., 2014, Kekuatan Dan Ketahanan Lapis Pada Tipis Campuran Aspal Panas Dengan Retona Blend 55, *Matrix Teknik Sipil*, 2 (4), 628-635.
- Sukmana, A.S., Setyawan, A., Djumari, 2014, Sifat-sifat *Marshall* Pada Lapis Tipis Campuran Aspal Panas Dengan Penggunaan Retona Blend55, *Matrix Teknik Sipil*, 2 (4), 739-747.
- Yanti, G., Megasari, S.W., Rahmat, H., 2017, Karakteristik *Marshall* pada Campuran AC-BC dengan Penambahan Bahan Pengisi (*Filler*) *Fly Ash*, *Jurnal Rasic*, 2 (1), 158-165.