

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Pengujian Agregat

Pada penelitian ini agregat yang digunakan adalah agregat yang berasal dari daerah Clereng , Kulonprogo , Daerah Istimewa Yogyakarta. Produk dari industri pemecah batu menggunakan mesin *stone cruiser*. Dari pemeriksaan didapat hasil pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat di Laboratorium.

No	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi Pengujian	Satuan	Standar
<b>Agregat Kasar</b>					
1	Berat Jenis <i>Apparent</i>	2,60	$\geq 2,5$	-	SNI 1970 : 2008
2	Berat Jenis Efektif	2,67	-	-	SNI 1970 : 2008
3	Berat jenis <i>Bulk</i>	2,56	-	-	SNI 1970 : 2008
4	Penyerapan	1,66	$\leq 3$	%	SNI 1970 : 2008
5	Pengujian Abrasi	26,21	$\leq 40$	%	SNI 2417 : 2008
<b>Agregat Halus</b>					
1	Berat jenis <i>Apparent</i>	2,52	$\geq 2,5$	-	SNI 1969 : 2008
2	Berat jenis efektif	2,62	-	-	SNI 1969 : 2008
3	Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,46	-	-	SNI 1969 : 2008
4	Penyerapan	2	$\leq 3$	%	SNI 1969 : 2008

Hasil pengujian agregat pada tabel 4.1 yang dilaksanakan di laboratorium dapat dilihat bahwa agregat yang digunakan sudah sesuai spesifikasi. Untuk agregat kasar menggunakan spesifikasi BSN (2008a) dan BSN (2008c) sedangkan untuk agregat halus menggunakan spesifikasi BSN (2008b).

#### 4.2. Hasil Pengujian Aspal

Pada penelitian ini aspal yang digunakan merupakan aspal dengan jenis Retona Blend 55 hasil dari produksi PT. Olah Bumi Mandiri. Dari hasil pengujian yang didapatkan hasil pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Aspal Retona Blend 55 di Laboratorium.

No	Jenis Pengujian	Hasil rata-rata	Spesifikasi Pengujian		Satuan	Standar
			Min	Maks		
1	Berat Jenis	1,1	1	-	gr/cm <sup>3</sup>	SNI 2441:2011
2	Penetrasi (25°C, 5 detik)	50,7	50	-	0,1 mm	SNI 06-2456-1991
3	Daktilitas	166	100	-	cm	SNI 2432:2011
4	Titik Lembek	54,25	53	-	°C	SNI 2434:2011
5	Kehilangan Berat Minyak	0,2	-	0,8	%	SNI 06-2440-1991

Hasil pengujian aspal didapatkan nilai berat jenis rata-rata sebesar 1,1 , hasil tersebut sesuai spesifikasi yaitu 1. Untuk hasil penetrasi didapatkan 50,7 mm dengan spesifikasi minimal 50 mm sehingga aspal yang digunakan sesuai dengan spesifikasi. Pengujian daktilitas didapatkan hasil 166 cm dengan nilai minimal pada spesifikasi sebesar 100 cm. Titik lembek pada aspal yang diuji sebesar 54,25 °C dengan spesifikasi minimal 53 °C. Sedangkan untuk pengujian kehilangan berat minyak sebesar 0,2 % masih dibawah batas maksimal spesifikasi sebesar 0,8 %. Jadi aspal yang digunakan untuk penelitian ini dilihat dari hasil pengujian sudah memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

#### 4.3. Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO)

Pengujian kadar aspal optimum dilaksanakan untuk memperoleh nilai kadar aspal yang nantinya akan digunakan untuk perencanaan campuran.

Kadar aspal optimum biasanya didapat dari nilai tengah hasil pengujian dari berbagai kadar aspal yang digunakan. Penggunaan jenis agregat dan kadar aspal yang berbeda akan menghasilkan nilai kadar aspal optimum yang berbeda. Nilai kadar aspal optimum harus memenuhi spesifikasi pengujian *Marshall* seperti

kepadatan (*density*), VIM (*voids in the mixture*), VMA (*voids in mineral agregat*), VFA (*voids filled with asphalt*), Stabilitas, Kelelehan (*flow*), dan *Marshall Quetiont (MQ)*. Pada pengujian kadar aspal optimum diperoleh hasil pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO)

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal		
			5,5%	6%	6,5%
1	<i>Density</i>	-	2,23	2,26	2,31
2	VIM	3 – 5	6,66	4,73	2,14
3	VMA	Min 15%	17,82	17,08	15,80
4	VFA	Min 65%	62,61	72,29	86,42
5	<i>Stability</i>	Min 800 kg	1630,57	1632,14	1626,33
6	<i>Flow</i>	2 – 4	3,83	2,54	4,07
7	MQ	Min 250 kg/mm	426,11	642,58	399,26

Pada tabel 4.4 menunjukan parameter dari masing-masing hasil pengujian.

Tabel 4.4 Parameter Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO)

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal		
			5,5%	6%	6,5%
1	<i>Density</i>	-	—		
2	VIM	3 – 5	—		
3	VMA	Min 15%	—		
4	VFA	Min 65%	—		
5	<i>Stability</i>	Min 800 kg	—		
6	<i>Flow</i>	2 – 4	—		
7	MQ	Min 250 kg/mm	—		

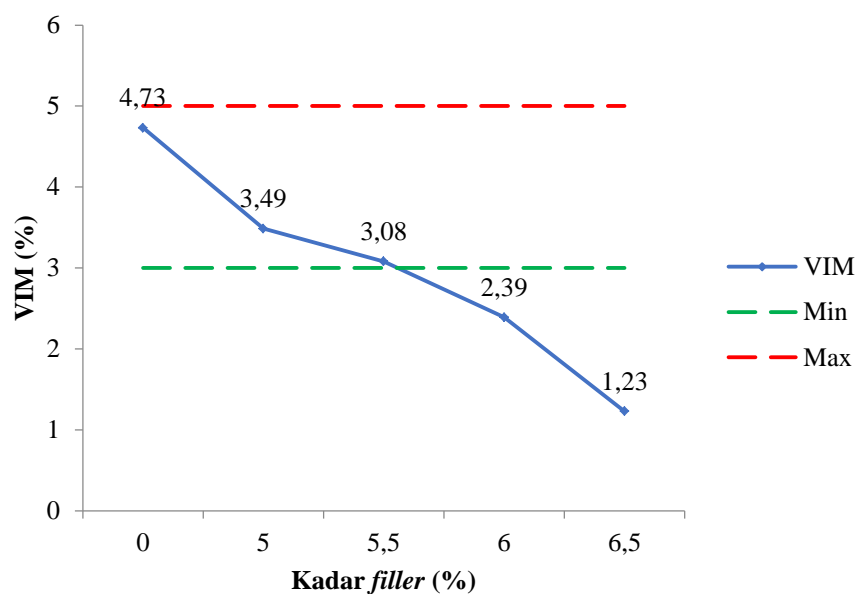
Hasil dari parameter pengujian kadar aspal optimum menunjukkan bahwa pada benda uji dengan kadar aspal 5,5 % dan 6,5 % tidak memenuhi spesifikasi pada nilai VIM. Untuk nilai VFA pada kadar aspal 5,5 % tidak memenuhi spesifikasi. Sedangkan pada nilai *flow* kadar aspal yang tidak memenuhi spesifikasi adalah 6,5 %. Kadar aspal optimum yang dicapai adalah pada kadar aspal 6 % karena memenuhi semua kriteria pada spesifikasi.

#### 4.4. Hasil Pengujian Pengganti *Filler* Menggunakan *Fly Ash* Batubara Dengan Metode *Marshall*

Metode pengujian *marshall* digunakan untuk mengetahui karakteristik dari campuran aspal retona blend 55 dan pengaruh antara perubahan kadar pengganti *filler* sebagian menggunakan *fly ash* batubara. Parameter yang terdapat pada metode ini adalah kepadatan (*density*), VIM (*voids in the mixture*), VMA (*voids in mineral agregat*), VFA (*voids filled with asphalt*), Stabilitas (*stability*), Kelelahan (*flow*), dan Marshall Quetiont (MQ). Berikut pembahasan dari masing-masing parameter berdasarkan hasil pengujian.

##### 4.4.1. Pengaruh kadar *fly ash* batubara dengan VIM.

VIM atau *voids in the mixture* adalah parameter untuk mengetahui pori atau rongga udara yang berada diantara butiran agregat yang telah diselimuti aspal pada campuran yang sudah dipadatkan yang dinyatakan dengan persen.



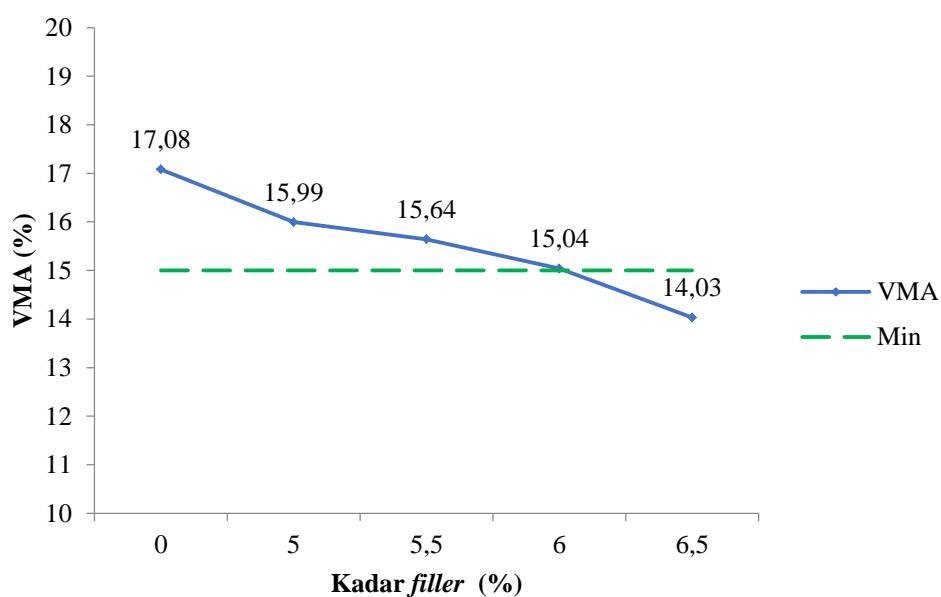
Gambar 4.1 Pengaruh kadar *fly ash* batubara dengan VIM

Pada Gambar 4.1 menjelaskan bahwa 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.

#### 4.4.2. Pengaruh kadar *fly ash* batubara dengan VMA

VMA atau *voids in mineral agregat* merupakan persentase dari banyaknya rongga yang terdapat antara butir-butir agregat pada suatu campuran perkerasan.

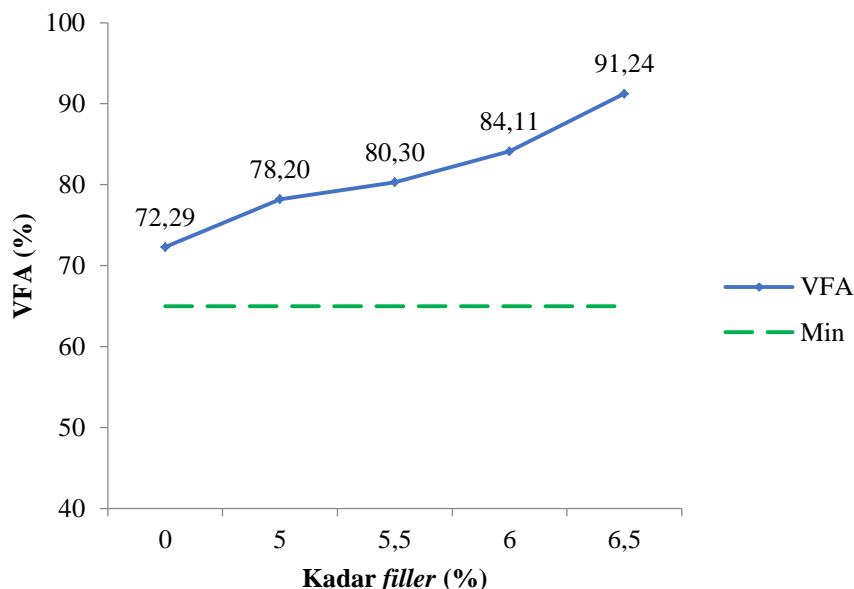


Gambar 4.2 Pengaruh kadar *fly ash* batubara dengan VMA

Pada hasil pengujian 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.

#### 4.4.3. Pengaruh kadar *fly ash* batubara dengan VFA

VFA atau *voids filled with asphalt* yaitu persentase dari rongga pada campuran yang terisi aspal. Spesifikasi minimal dari nilai VFA adalah 65%.



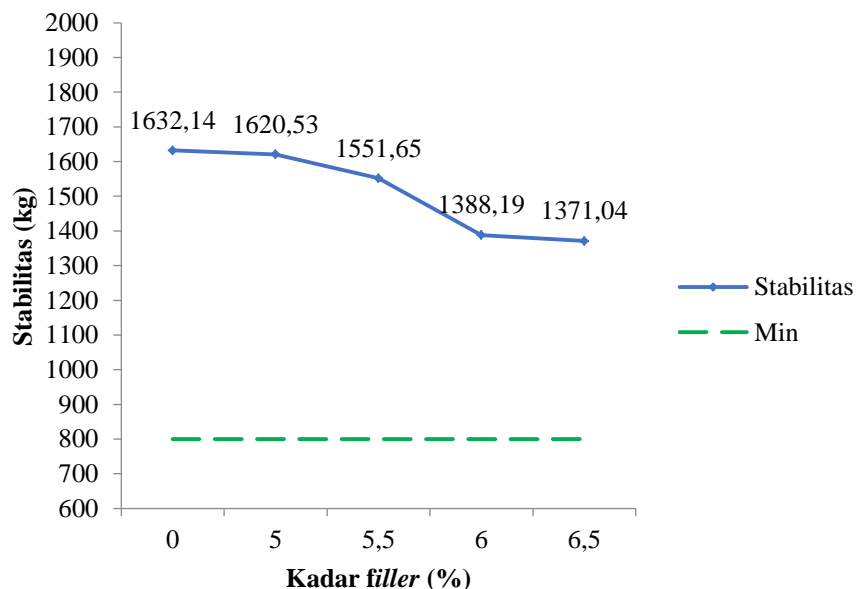
Gambar 4.3 Pengaruh kadar *fly ash* batubara dengan VFA

Pada Gambar 4.3 menunjukkan 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 kedap yang tinggi.

#### 4.4.4. Pengaruh kadar *fly ash* batubara dengan stabilitas

Stabilitas atau *stability* adalah ketahanan dari campuran dalam menahan beban yang diterimanya sampai ke tingkat kelelehannya. Stabilitas suatu campuran sangat diperlukan untuk menahan beban lalu-lintas yang melintas. 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.

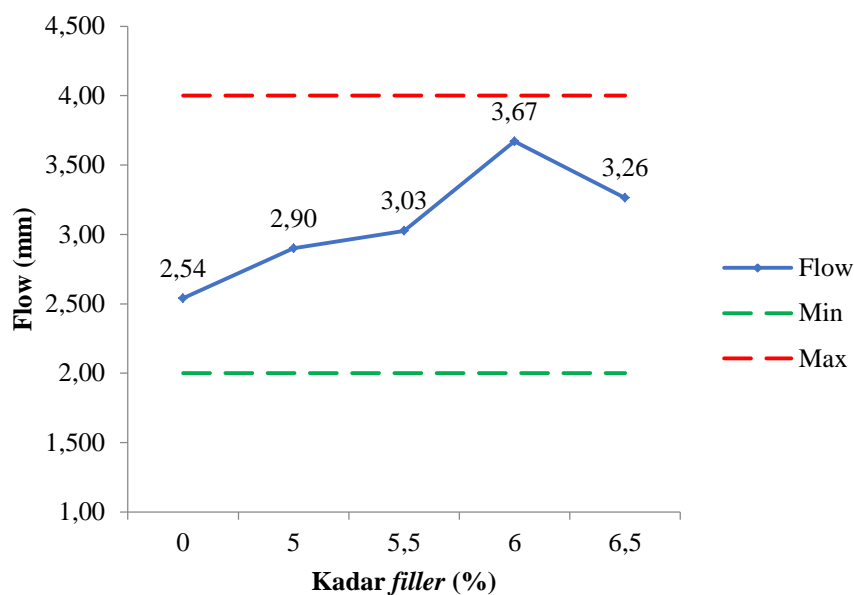


Gambar 4.4 Pengaruh kadar fly ash batubara dengan stabilitas

Dari hasil pengujian yang terdapat pada Gambar 4.4 dapat dibandingkan 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.

#### 4.4.5. Pengaruh kadar fly ash batubara dengan kelelehan

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



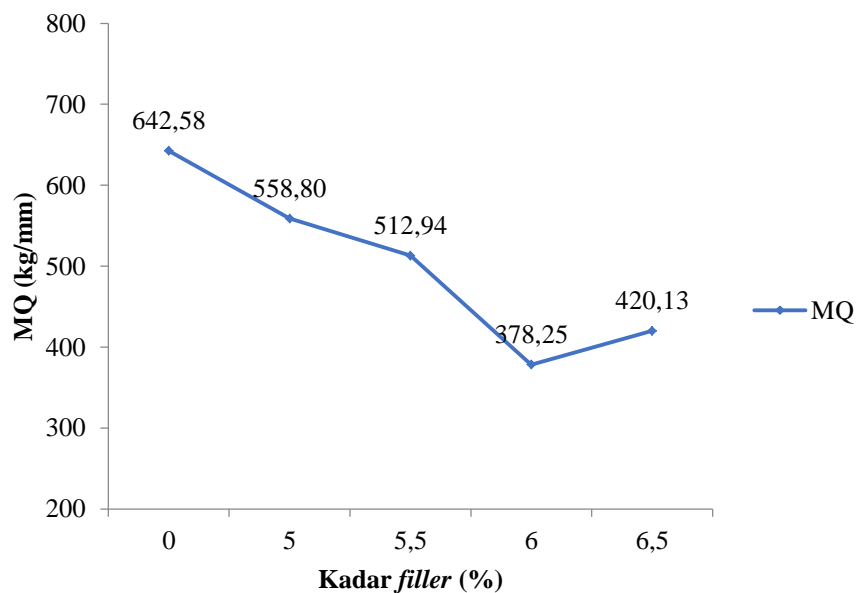
Gambar 4.5 Pengaruh kadar fly ash batubara dengan kelelehan

Pada gambar 4.5 didapatkan nilai kelelehan 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.

#### 4.4.6. Pengaruh kadar fly ash batubara dengan *Marshall Quotient*

Nilai *Marshall Quotient* atau MQ merupakan perbandingan antara nilai stabilitas campuran dengan nilai kelelehan (*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*. Nilai MQ juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu gradasi butir agregat yang digunakan, bentuk butir dari agregat yang digunakan, pengaruh temperatur pada saat pemadatan, dan faktor lainnya.





Gambar 4.6 Pengaruh kadar fly ash batubara dengan *Marshall Quotient*

Dari gambar 4.6 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.

Hasil dari pengujian *Marshall* ini untuk mengetahui karakteristik *marshall* pada campuran AC-WC dengan bahan pengikat retona blend 55 dan bahan pengganti *filler* sebagian menggunakan *fly ash* batubara.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Penggati Filler Sebagian Menggunakan Fly Ash Batubara

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar <i>Fly Ash</i> Batubara				
			0%	5%	5,5%	6%	6,5%
1	<i>Density</i>	-	2,26	2,29	2,30	2,32	2,35
2	VIM	3 – 5	4,73	3,49	3,08	2,89	1,23
3	VMA	Min 15%	17,08	15,99	15,64	15,04	14,03
4	VFA	Min 65%	72,29	78,20	80,30	84,11	91,24
5	<i>Stability</i>	Min 800 kg	1632,14	1620,53	1551,65	1388,19	1371,04
6	<i>Flow</i>	2 – 4	2,54	2,90	3,03	3,67	3,26
7	MQ	Min 250 kg/mm	642,58	558,80	512,94	378,25	420,13