

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Agregat

Penelitian ini menggunakan material agregat halus, agregat kasar dan juga *filler* dari UD. Watu Ireng, Clereng, Kulon Progo Yogyakarta. Hasil pemeriksaan agregat di laboratorium disajikan dalam tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Material Agregat Halus dan Kasar

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi Pengujian		Standar
				Minimal	Maksimal	
I. Agregat Halus						
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,462	-	-	SNI 1970 : 2008
2	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2,52	2,5	-	SNI 1970 : 2008
3	Berat jenis efektif	-	2,62	-	-	SNI 1970 : 2008
4	Penyerapan	%	2	-	3	SNI 1970 : 2008
II. Agregat Kasar						
1	Pengujian Abrasi	%	26,21	-	40	SNI 2417 : 2008
2	Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,56	-	-	SNI 1969 : 2008
3	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2,60	2,5	-	SNI 1969 : 2008
4	Berat jenis efektif	-	2,67	-	-	SNI 1969 : 2008
5	Penyerapan	%	1,66	-	3	SNI 1969 : 2008

Dari tabel 5.1 diatas menunjukkan agregat yang digunakan sudah memenuhi spesifikasi dan standar yang digunakan yaitu pengujian berat jenis agregat sesuai BSN (2008b) dengan kode SNI 1970:2008 untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dan BSN (2008a) dengan kode SNI 1969:2008 untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Pengujian keausan agregat juga memenuhi spesifikasi BSN (2008c) dengan kode SNI 2417:2008 pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles* maksimal yang disyaratkan 40%. Sehingga agregat dapat digunakan dalam penelitian.

4.2. Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal Retona Blend 55 produksi PT. Olah Bumi Mandiri, Jakarta. Sebelum digunakan aspal terlebih dahulu di uji sifat-sifat fisiknya untuk mengetahui aspal sudah memenuhi spesifikasi dan persyaratan yang ditetapkan sehingga aspal dapat digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran perkerasan. Hasil pengujian sifat-sifat fisik aspal Retona Blend 55 disajikan dalam Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil pengujian aspal Retona Blend 55

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

Berdasarkan Tabel 4.2 diperoleh nilai titik lembek rata-rata 54,25°C dari pengujian ini masih memenuhi persyaratan dari spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yang disyaratkan sebesar $\geq 53^{\circ}\text{C}$, pada penelitian ini sesuai dengan BSN (2011b) dengan kode SNI 2434 : 2011. Pada pemeriksaan Penetrasi diperoleh nilai penetrasi 50,7, persyaratan asbuton modifikasi sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 adalah minimal 50, tata cara pengujian penetrasi sesuai BSN (2011d) dengan kode SNI 2432 : 2011. Pemeriksaan daktilitas diperoleh hasil diatas 166 cm sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu minimal 100 cm sesuai dengan BSN (2011a) dengan kode SNI 2432:2011.

Dari pemeriksaan terhadap berat jenis aspal diperoleh nilai berat jenis sebesar 1,1 gr/cm³ sehingga aspal dapat digunakan karena sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu minimal 1 gr/cm³. pemeriksaan berat jenis mengacu pada BSN (2011c) dengan kode SNI 2441 : 2011.

Pada pemeriksaan kehilangan berat minyak aspal diperoleh nilai kehilangan berat minyak sebesar 0.2%, sehingga aspal dapat digunakan karena sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu maksimal 0,8%. pada pengujian

kehilangan berat minyak aspal ini mengacu pada BSN (1991) dengan kode SNI 06-2441-1991.

4.3. Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum HRS-WC

Kadar aspal optimum merupakan pengujian yang digunakan untuk menentukan kadar aspal pada suatu perancangan perkerasan jalan yang mana merupakan nilai tengah dari rentang kadar aspal yang dari pengujian marshall yang memenuhi persyaratan spesifikasi karakteristik campuran beraspal. Dalam menentukan kadar aspal optimum kadar aspal yang terlalu banyak akan mengakibatkan aspal meleleh keluar (*bleeding*), sedangkan apabila terlalu sedikit akan mengakibatkan perkerasan jalan yang mudah runtuh. Tabel hasil pengujian Marshall disajikan dalam Tabel 4.3. dan hasil kadar aspal optimum pada Tabel 4.4

Tabel 4.3 Hasil pengujian Marshall

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal		
			6,5%	7%	7,5%
1	Density		2,067	2,139	2,188
2	VFA	Min 68%	50,401	61,772	72,225
3	VITM	4-6	12,208	8,422	5,72
4	VMA	Min 18%	24,242	22,032	20,650
5	Stability	Min 800 Kg	1550,67	1432,48	1663,89
6	Flow	>3	3,52	3,66	3,55
7	MQ	Min 250 Kg/mm	440,482	396,86	468,17

Tabel 4.4 Hasil Marshall untuk Penentuan KAO

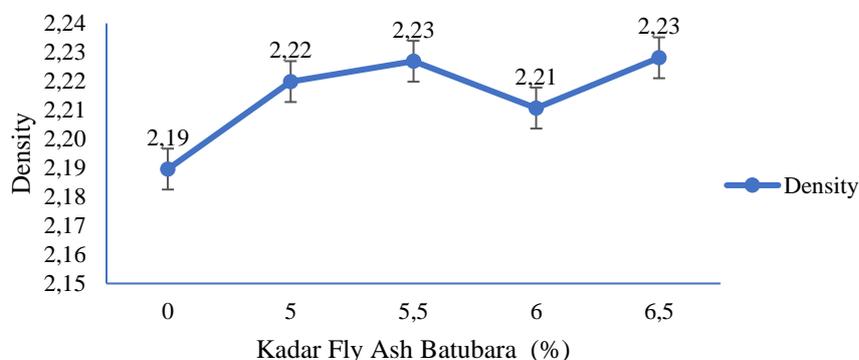
No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar		
			6,50%	7%	7,50%
1	VFWA	Min 68%			v
2	VMA	Min 18%			v
3	Flow	>3	v	v	v
4	Density		v	v	v
5	VITM	4-6			v
6	MQ	Min 250 kg/mm	v	v	v
7	Stability	Min 800 kg	v	v	v

Dari Tabel 4.4 nilai *density* pada setiap kadar memenuhi persyaratan spesifikasi karena nilai *density* tidak memiliki batas minimum dan maksimum. Nilai VFWA atau rongga terisi aspal pada kadar 6,5 % dan 7% tidak memenuhi spesifikasi sedangkan pada kadar 7,5 % memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu minimal 68. Nilai VMA pada kadar aspal 6,5% dan 7% tidak memenuhi spesifikasi sedangkan pada kadar 7,5% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu minimal 18%. Rongga dalam campuran atau VITM pada pengujian ini di variasi 6,5% dan 7% tidak memenuhi spesifikasi sedangkan pada kadar 7,5% memenuhi spesifikasi persyaratan yaitu pada rentang 4-6. Nilai stabilitas, *flow* dan *Marshall quotient* pada semua kadar variasi memenuhi spesifikasi persyaratan yang ditetapkan.

Dari Tabel 4.4 diatas dapat disimpulkan bahwa kadar aspal yang memenuhi spesifikasi campuran adalah pada variasi 7,5%. Nilai kadar optimum yang digunakan pada penelitian ini adalah 7,5% karena pada nilai *density*, VMA, VITM, VFWA, *stability*, *flow* dan *Marshall Quotient* memiliki nilai yang memenuhi spesifikasi persyaratan yang ditetapkan oleh Bina Marga 2010 (Revisi 3).

4.4. Hubungan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan Kepadatan

Kepadatan merupakan berat satuan yang diukur tiap satuan volume, kepadatan pada campuran dari uji *Marshall* digunakan sebagai acuan kepadatan lapangan, nilai kepadatan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kadar aspal, suhu pemadatan, energi pemadatan dan material agregat yang digunakan dalam campuran. Campuran dengan nilai kepadatan yang baik menyebabkan campuran kedap dari air dan udara. Nilai kepadatan dari campuran yang ditambah dengan *fly ash* batubara disajikan dalam Gambar 4.1.

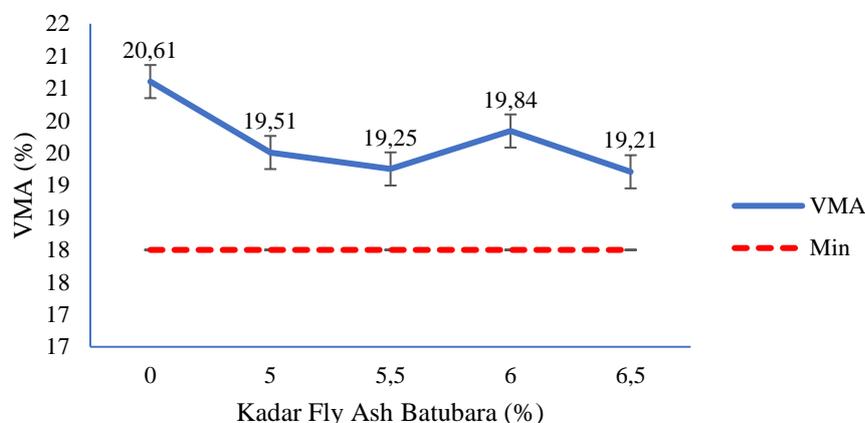


Gambar 4.1 Hubungan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan Kepadatan

Dari Gambar 4.1 terlihat bahwa kepadatan campuran HRS-WC cenderung meningkat pada setiap kadar variasi *fly ash* batubara. Kepadatan optimum didapatkan pada kadar 6,5 % dengan nilai 2,228

4.5. Hubungan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan VMA

VMA (*voids in the mineral aggregate*) atau lebih dikenal dengan rongga dalam agregat merupakan banyaknya pori antar butir agregat dalam campuran aspal beton yang dinyatakan dalam persen dari volume campuran, nilai VMA pada campuran HRS-WC ditetapkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2010 (revisi 3) yaitu minimal 18%. Hasil nilai VMA disajikan dalam Gambar 4.2

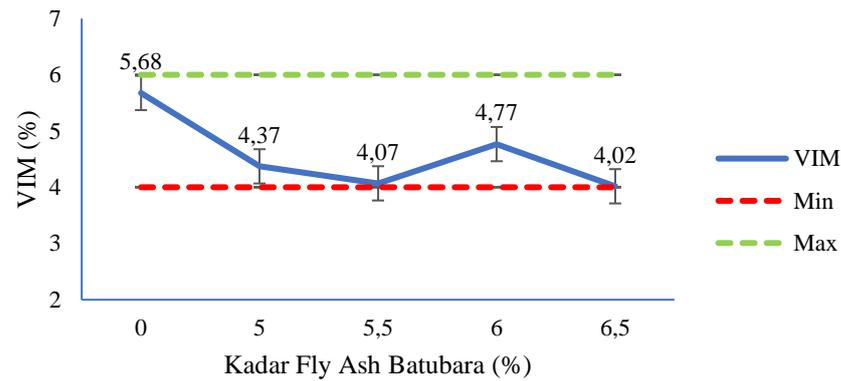


Gambar 4.2 Hubungan kadar *fly ash* batubara dengan VMA

Dari Gambar 4.2 menunjukkan nilai VMA pada semua variasi kadar *fly ash* batu bara mengalami penurunan dengan ditambahkan *fly ash* batubara, hal ini dikarenakan penambahan filler *fly ash* batubara menyebabkan ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal dan volume rongga udara yang dibutuhkan dalam campuran semakin sedikit.

4.6. Hubungan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan VIM

Nilai *Voids in the mix* merupakan nilai presentase rongga udara dalam campuran beton aspal yang telah dilakukan pemadatan. Nilai VIM berpengaruh pada keawetan campuran aspal dan agregat. Cukupnya rongga dalam campuran memungkinkan tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas. Hasil nilai VIM disajikan dalam Gambar 4.3.

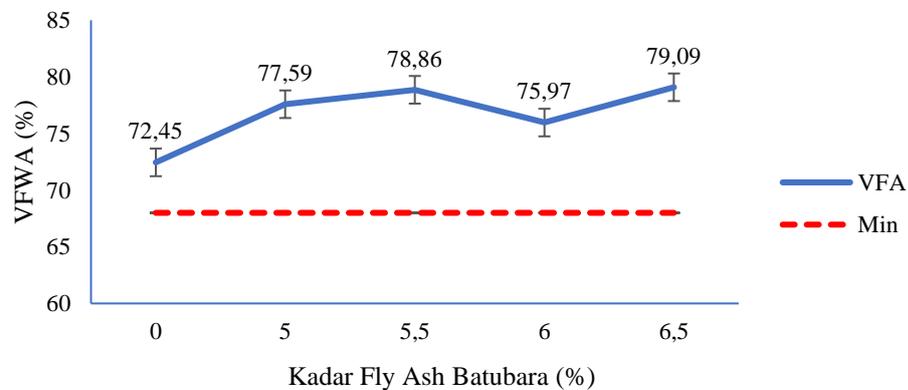


Gambar 4.3 Hubungan kadar fly ash batubara dengan VIM

Dari Gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai VIM pada semua kadar variasi *fly ash* batu bara mengalami penurunan dibandingkan sebelum menggunakan *fly ash* batubara. Hal ini disebabkan karena rongga udara yang terisi oleh *fly ash* batu bara pada campuran lebih banyak sehingga rongga udara dalam campuran menurun. akan tetapi dari semua variasi kadar *fly ash* batu bara masih memenuhi spesifikasi dari Bina Marga 2010 (Revisi 3) yaitu nilai VIM yang disyaratkan pada campuran HRS-WC yaitu pada rentang 4-6%.

4.7. Hubungan Kadar Fly Ash Batubara dengan VFWA

VFWA (*Voids Filled With Aspal*) merupakan volume pori atau rongga dalam aspal beton yang terisi oleh aspal yang telah dipadatkan dan dinyatakan dalam persen. Cukupnya volume pori aspal beton yang terisi oleh aspal dapat menjamin keawetan pada perkerasan, Nilai VFWA dipengaruhi oleh suhu pemadatan, kadar aspal, gradasi agregat dan energi pemadatan. Hasil nilai VFWA disajikan dalam Gambar 4.4.

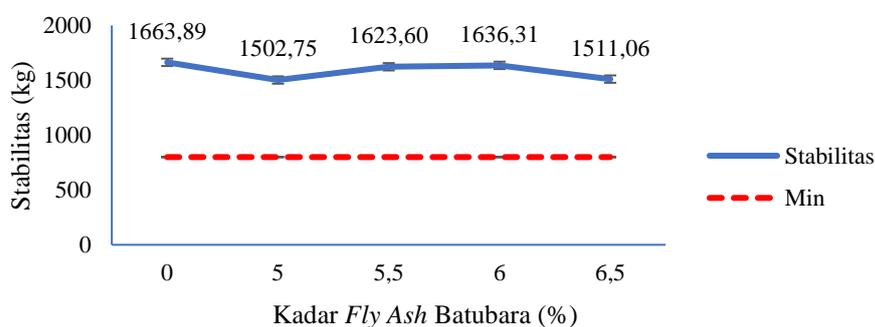


Gambar 4.4 Hubungan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan VFWA

Dari Gambar 4.4 menunjukkan bahwa dengan ditambahkan *fly ash* batubara pada semua variasi mengalami kenaikan nilai VFWA hal ini disebabkan *fly ash* batubara menyerap aspal dan mengisi rongga lebih banyak dan juga dipengaruhi oleh nilai VIM yang merupakan nilai pembagi untuk mendapatkan VFWA. Dari semua variasi yang digunakan semuanya memenuhi syarat oleh Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) yaitu nilai VFWA yang disyaratkan untuk campuran HRS-WC minimal 68%.

4.8. Hubungan Kadar Fly Ash Batubara dengan Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan dari lapis perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti alur gelombang, deformasi dan bleeding. Stabilitas pada perkerasan harus cukup stabil atau kokoh agar dapat menerima beban lalu lintas. Nilai stabilitas pada perkerasan jalan dipengaruhi oleh kohesi aspal, kadar aspal, sifat saling mengunci (*interlocking*), tekstur permukaan dan gradasi agregat. Hasil nilai Stabilitas disajikan dalam Gambar 4.5.

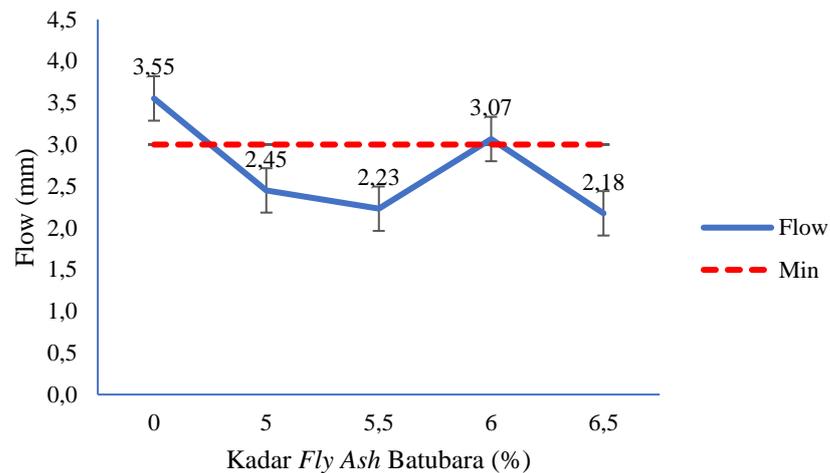


Gambar 4.5 Hubungan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan Stabilitas

Dari Gambar 4.5 menunjukkan pada setiap kadar variasi *fly ash* batubara mengalami penurunan stabilitas di banding sebelum menggunakan *fly ash* batubara hal ini dikarenakan penggunaan butiran abu batu yang mengakibatkan film aspal menjadi tebal, fungsi aspal untuk bahan pengikat berubah menjadi pelicin sehingga menurunkan nilai stabilitas. Nilai stabilitas tertinggi pada kadar 6% dengan stabilitas 1623,6 dan terendah pada kadar 5% dengan stabilitas 1502,75. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) tentang persyaratan nilai stabilitas minimal 800 kg. sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas semua kadar variasi *fly ash* batubara memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

4.9. Hubungan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan *Flow*

Flow atau kelelehan plastis merupakan besarnya deformasi pada awal pembebanan hingga stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi dari campuran perkerasan akibat beban yang bekerja (Akem, 2012). Nilai *flow* dinyatakan dalam mm yang diperoleh dari arloji flowmeter. Hasil nilai *flow* disajikan dalam Gambar 4.6.

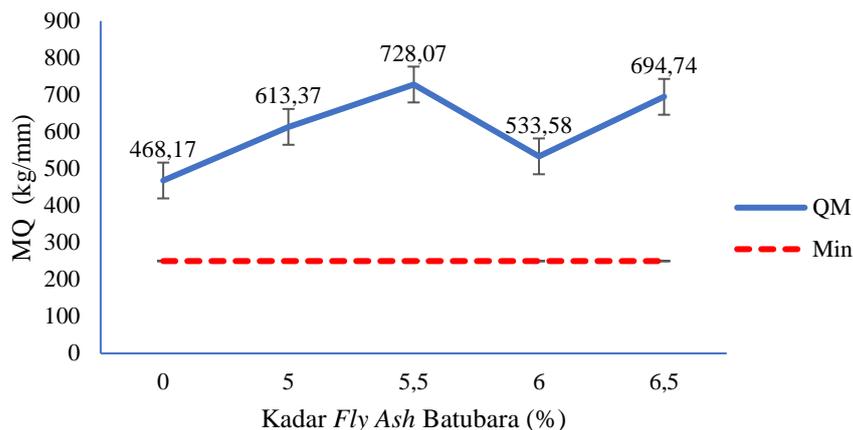


Gambar 4.6 Hubungan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan *Flow*

Dari Gambar 4.6 menunjukkan bahwa nilai *flow* cenderung menurun pada semua kadar variasi *Fly ash* batubara hal ini dikarenakan dengan penggunaan *fly ash* batubara membuat campuran menjadi lebih rapat sehingga deformasi akibat beban berkurang. Nilai *flow* juga dipengaruhi oleh viskositas aspal, gradasi agregat dan temperature saat pematidan. Dari hasil nilai *flow* yang tertinggi pada kadar 6% dengan nilai *flow* 3,067 dan nilai *flow* terendah pada kadar 6,5% dengan nilai 2,175. Menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) nilai *flow* pada campuran HRS-WC minimal 3 mm sehingga yang memenuhi persyaratan pada kadar 6%.

4.10. Hubungan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan Marshall Quoitient

Nilai *Marshall Quoitient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai MQ menggambarkan pendekatan kekuatan dan fleksibilitas pada campuran aspal. Semakin tinggi MQ maka semakin kaku suatu campuran dan semakin kecil nilai MQ maka mudah terjadi deformasi karena terlalu lentur campuran. Hasil nilai MQ disajikan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hubungan Kadar *Fly ash* Batubara dengan MQ

Dari Gambar 4.7 menunjukkan bahwa dengan penggunaan *fly ash* batubara nilai MQ cenderung meningkat pada setiap kadar variasi hal ini disebabkan dengan penggunaan *fly ash* batubara campuran menjadi lebih padat dan kaku sehingga nilai MQ naik. Faktor lain yang mempengaruhi nilai MQ adalah bentuk butir, pembagian butir, kadar aspal dan energi pemadatan. Menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) nilai MQ yang disyaratkan pada campuran HRS-wc minimal 250 kg/mm, sehingga pada setiap kadar variasi *fly ash* batubara memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

4.11. Hasil Pengujian Marshall Penambahan *Fly Ash* Batubara

Pada penelitian ini *fly ash* batubara yang digunakan berasal dari CV. Lestari Surabaya. *Fly ash* batubara digunakan untuk pengganti filler pada campuran dengan kadar 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%. Hasil pemeriksaan *Marshall* dengan tambahan *fly ash* batubara disajikan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengujian *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