

MIX DESIGN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN MENGGUNAKAN FLY ASH BATU BARA SEBAGAI PENGGANTI FILLER

Hasmiati

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Haluoleo
Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu
Kendari 93721
sweety_pasca@yahoo.co.id

La Ode Muhamad Nurakhmad Arsyad

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Haluoleo
Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu
Kendari 93721
arsyadjr@gmail.com

Abstract

Quality flexible pavement layer is strongly influenced by the quality of the constituent materials comprising a mixture of coarse aggregate, fine aggregate, filler (filler) and bitumen. Filler used is stone dust, but in this study we tried to use the materials of coal fly ash as a filler replacement. This study aims to determine the marshall test of the use of fly ash as a filler replacement stone dust on a mixture of AC-WC and to determine the optimum bitumen content (OBC). The method used is an experimental method that is with an experiment to obtain results, so will look at the use of Fly Ash Filler mix AC-WC with variations in levels of Fly Ash 1%, 1.5%, and 2% to 0% as a comparison to the total mix results. The results showed that the use of coal fly ash will affect the mix of AC-WC. As more as coal Fly Ash is used, as more as the value of stability, Marshall questions, flow, VFA, and VMA. Increasing levels of Fly Ash Filler 1% so the value obtained stability is 1443.69 kg, and when Fly Ash Filler content was added to the levels of 2%, the value increased to 1624.74 kg stability. The result shown Optimum Bitumen Content (OBC) 0% = 5.75%, 1% = 5.80%, 1.5% = 5.85% and 2% = 5.90%.

Keyword: Asphalt Concrete Wearing Course, Fly Ash, Filler

Abstrak

Kualitas lapis perkerasan lentur sangat dipengaruhi oleh kualitas campuran bahan penyusunnya yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* (bahan pengisi) dan aspal. *Filler* yang biasa digunakan adalah abu batu tetapi dalam penelitian ini kami mencoba menggunakan bahan *fly ash* batu bara sebagai pengganti filler. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *marshall test* dari penggunaan *Filler Fly Ash* sebagai pengganti abu batu pada campuran AC-WC dan untuk mengetahui kadar aspal optimum (KAO). Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yaitu dengan suatu percobaan untuk mendapatkan hasil, dengan demikian akan terlihat pemanfaatan *Filler Fly Ash* pada campuran AC-WC dengan variasi kadar *Fly Ash* 1%, 1,5%, dan 2% dengan 0% sebagai pembandingan terhadap total campuran hasil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Fly Ash* batu bara akan mempengaruhi campuran AC-WC. Semakin banyak *Fly Ash* batu bara yang digunakan, maka nilai stabilitas, Marshall Questions, flow, VFA, dan VMA semakin tinggi. Untuk penambahan kadar *Filler Fly Ash* 1% nilai stabilitas yang didapatkan sebesar 1443,69 kg, pada saat kadar *Filler Fly Ash* ditambahkan sampai kadar 2%, nilai stabilitas meningkat menjadi 1624,74 kg, Untuk Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh 0% = 5,75%, 1% = 5,80%, 1,5% = 5,85% dan 2% = 5,90%.

Kata Kunci: Asphalt Concrete Wearing Course, Fly Ash, Filler

PENDAHULUAN

Pada umumnya konstruksi jalan di Indonesia sebagian besar merupakan konstruksi perkerasan lapis lentur, kualitas lapis perkerasan lentur ini sangat dipengaruhi oleh kualitas campuran bahan penyusunnya yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* (bahan pengisi) dan aspal itu sendiri, *filler* merupakan salah satu komponen dalam campuran yang mempunyai peranan besar. Prosentase kadar *filler* pada campuran mempunyai efek yang besar akan kualitas campuran atau *mix design*. *Filler* atau bahan pengisi berfungsi untuk

mengisi rongga-rongga pada campuran Lapis Aspal Beton. Bahan untuk filler yang umum digunakan adalah abu batu tetapi dalam penelitian ini penulis mencoba mengganti abu batu dengan fly ash yang merupakan sisa pembakaran dari batu bara yang di pergunakan PLTU Desa Nii Tanasa yang terletak di Kec. Soropia Prov. Sulawesi Tenggara. *Fly Ash* adalah partikel halus yang merupakan sisa hasil pembakaran batu bara yang dikumpulkan dengan alat *Elektrostatik Presipirator* dan kemudian disimpan dalam keadaan kering dan mempunyai ciri fisik yang ringan dan berbutir halus serta bersifat tahan air. Dengan karakteristiknya tersebut, *fly ash* dapat digunakan sebagai salah satu substitusi filler pada campuran Lapis Aspal Beton. Berdasarkan uraian diatas, penulis berinisiatif untuk mengadakan pengujian *fly ash* PLTU Desa Nii Tanasa Kec. Soropia Prov. Sulawesi Tenggara untuk dimanfaatkan sebagai *alternatif* filler pada campuran Lapis Aspal Beton khususnya jenis *Asphalt Concrete Wearing course (AC-WC)*.

Penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui *Marshall Test* dari penggunaan *Filler fly ash* pengganti *filler* pada campuran AC-WC dan mengetahui variasi Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan menggunakan *Filler fly Ash* sebagai pengganti abu batu. Pengujian dilakukan di laboratorium dengan mengacu pada standar SNI.

AGREGAT

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan (*Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jendral Bina Marga. 1998*).

Menurut spesifikasi Bina Marga untuk pekerjaan campuran beraspal panas, persyaratan bahan agregat secara umum yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut :

1. Penyerapan air oleh agregat maksimum 3 %.
2. Berat jenis (*bulk specific gravity*) agregat kasar dan halus minimum 2,5 mm dan perbedaannya tidak boleh lebih dari 0,2 mm.

a) Agregat Kasar

Agregat kasar yaitu batuan yang lolos ayakan 1” (25mm), tertahan saringan No.8 (2,36 mm).

Tabel 1. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekakalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417: 2008	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Man. 95%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)		DoT's Pennsylvania Test Method. PTM N. 621	95/90 ⁽¹⁾
Angularitas (kedalaman dari permukaan ≥ 10 cm)			80/75 ⁽¹⁾
Partikel pipih dan lonjong		ASTM D4791 perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material Lolos Ayakan No. 200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1%

Sumber : Spesifikasi Umum (2010)

b) Agregat Halus

Agregat halus yaitu agregat yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm) dan tertahan No. 200 (0,075 mm). Fungsi utama agregat halus yaitu memberikan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui saling mengunci dan gesekan antar partikel.

Tabel 2. Pengujian dan Sifat – Sifat Teknis Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk ss, HRS dan AC bergradasi halus Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8 %
Kadar Lempung	SNI 3423: 2008	Maks. 1%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP-33 atau ASTM C1252-93	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan \geq 10 cm)		Min. 40

Sumber : Spesifikasi Umum (2010)

FILLER

Filler adalah material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm), dapat berupa abu batu, *Fly Ash*, semen, kapur tohor atau debu mineral halus lainnya. *Filler* dapat berfungsi untuk mengisi rongga dalam campuran, namun jumlah *Filler* harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan, karena kadar yang tinggi *Filler* cenderung menyebabkan campuran menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat beban lalu lintas, pada sisi lain kadar *Filler* yang rendah menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi. Abu batubara *Fly ash* adalah limbah industri yang dihasilkan dari pembakaran batubara dan terdiri dari partikel yang halus. Gradasi dan kehalusan *fly ash* batubara dapat memenuhi persyaratan gradasi AASTHO M17 untuk mineral *filler*. Penggunaan mineral *filler* dalam campuran aspal beton adalah untuk mengisi rongga dalam campuran, untuk meningkatkan daya ikat aspal beton, dan untuk meningkatkan stabilitas dari campuran.

Tabel 3. Bahan Pengisi (AASTHO M 17)

No	Keterangan
1.	Bahan pengisi harus terdiri dari debu batu kapur (limestone dust), semen portland, abu terbang, abu tanur semen atau bahan non plastis lainnya yang memenuhi ketentuan. Bahan tersebut harus bebas dari bahan lain yang tidak dikehendaki.
2.	Bahan pengisi harus kering dan bebas dari gumpalan lempung dan bilamana diuji dengan pengayakan secara basah harus mengandung bahan yang lolos ayakan no. 200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap berat total.

Fly Ash atau abu terbang yang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara, yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, biasa digunakan sebagai bahan campuran pada beton. *Fly Ash* dikenal di Inggris sebagai serbuk abu pembakaran. *Fly Ash* sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandungnya akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.

Menurut ACI Committee 226 dijelaskan bahwa *Fly Ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili mikron) 5-27%, dengan *specific gravity*

antara 2,15 - 2,8 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat proses *pozzolanic* (sifat mineral yang reaktif bila bersenyawa dengan air dan membentuk massa yang padat) dari *Fly Ash* mirip dengan bahan *pozzolan* lainnya. Menurut ASTM C.618 (ASTM, 1995:304) abu terbang (*Fly Ash*) didefinisikan sebagai butiran halus residu pembakaran batubara atau bubuk batubara.

ASPAL

Aspal pada lapisan keras jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan yang sangat besar dari pada kekuatan masing-masing agregat. Selain sebagai bahan pengikat campuran, aspal juga berfungsi sebagai pelumas pada saat penghamparan sehingga memudahkan pekerjaan pemadatan di lapangan (*Kerbs & Walker 1970*). Adapun persyaratan yang harus dipenuhi untuk aspal pen 60/70 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Ketentuan untuk Aspal Penetrasi 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Aspal Pen. 60/70
1.	Penetrasi, 25 °C; 100 gr; 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2.	Viskositas 135°C	SNI 06-6441-2000	385
3.	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	≥ 48
4.	Daktalitas pada 25 °C (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100
5.	Titik nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
6.	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
7.	Berat yang hilang, % (dengan TFOT)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8 ²)
8.	Penetrasi pada 25 °C (%) setelah penurunan berat	SNI 06-2456-1991	≥ 54
9.	Daktalitas pada 25 °C (cm) setelah penurunan berat	SNI 06-2432-1991	≥ 100

Sumber : *Spesifikasi Umum (2010)*

AC-WC (ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE)

Menurut Silvia Sukirman (1999:10), Laston adalah” suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu”.

Laston sebagai lapisan pengikat (Binder Course) adalah lapisan yang terletak dibawah lapisan aus. Tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan dengan tebal nominal minimum 5 cm. Sedangkan laston sebagai lapis aus (Wearing Course) adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan dengan tebal nominal minimum 4 cm. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya kelapisan dibawahnya berupa muatan kendaraan (gaya vertikal), gaya rem (Horizontal) dan pukulan Roda kendaraan (getaran).

Penggunaan AC-WC yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya.

Tabel 5. Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran											
	Latasir (SS)		Lataston (HRS)				Laston (AC)					
	Kelas A	Kelas B	Gradasi Senjang ³		Gradasi Semi Senjang ²		Gradasi Halus			Gradasi Kasar ¹		
			WC	Base	WC	Base	WC	BC	Base	WC	BC	Base
37,5									100			100
25								100	90-100		100	90-100
19	100	100	100	100	100	100	100	90-100	73-90	100	90-100	73-90
12,5			90-100	90-100	87-100	90-100	90-100	74-90	61-79	90-100	71-90	55-76
9,5	90-100		75-85	65-90	55-88	55-70	72-90	64-82	47-67	72-90	58-80	45-66
4,75							54-69	47-64	39,5-50	43-63	37-56	28-39,5
2,36		75-100	50-72 ³	33-55 ³	50-62	32-44	39,1-53	34,6-49	30,8-37	28-39,1	23-34,6	19-26,8
1,18							31,6-40	28,3-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3	12,18,1
0,600			35-60	15-35	20-45	15-35	23,1-30	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6
0,300					15-35	5-35	15,5-22	13,7-20	11,4-16	9-15,5	7-13,7	5-11,4
0,150							9-15	4-13	4-10	6-13	5-11	4,5-9
0,075	10-15	8-13	6-10	2-9	6-10	4-8	4-10	4-8	3-6	4-10	4-8	3-7

Sumber: Spesifikasi Umum (2010)

Tabel 6. Ketentuan Sifat – sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)		5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112 ⁽¹⁾	
Rongga dalam campuran (%) ⁽²⁾	Min.	3,5					
	Maks.	5,0					
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800				1800 ⁽¹⁾	
	Maks.	-					
Pelelehan (mm)	Min.	3				4,5 ⁽¹⁾	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C ⁽³⁾	Min.	90					
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) ⁽⁴⁾	Min.	2,5					

PENGUJIAN KARAKTERISTIK ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC)

Menurut Asphalt Institute MS-22 (2001) perancangan campuran beraspal untuk lapis perkerasan harus memenuhi sifat-sifat sebagai berikut:

a) Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi permanen yang disebabkan oleh beban lalu lintas. Stabilitas Marshall untuk laston minimum adalah 800 kg. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antara agregat kurang, mengakibatkan kadar aspal yang dibutuhkan rendah.

b) Kelenturan (*Fleksibility*)

Fleksibilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan terhadap defleksi akibat beban lalu lintas tanpa mengalami keretakan.

c) Keawetan atau Daya tahan (*Durability*)

Durabilitas adalah daya tahan suatu lapis perkerasan terhadap keausan akibat beban lalu lintas dan pengaruh perubahan cuaca.

d) Kedap (*Impermeable*)

Impermeable adalah sifat aspal yang kedap air untuk melindungi lapisan perkerasan di bawahnya dari kerusakan yang disebabkan oleh air yang akan mengakibatkan campuran menjadi kehilangan kekuatan dan kemampuan untuk menahan beban lalu lintas.

e) Kekesatan Permukaan (*Skid Resistance*)

Skid Resistance maksudnya lapis permukaan aspal harus mempunyai kekesatan yang cukup tinggi sehingga menjamin keselamatan pemakai jalan terutama bila kondisi basah.

f) Tahan Terhadap Kelelahan (*Fatigue*)

Tahan Terhadap Kelelahan maksudnya adalah ketahanan campuran beraspal dalam menahan kelendutan yang disebabkan oleh beban lalu lintas yang berulang-ulang, sehingga campuran tidak cepat mengalami retak-retak.

g) Kemudahan di Kerjakan (*Workability*)

Kemudahan di Kerjakan maksudnya campuran aspal harus mudah dikerjakan dalam pelaksanaan dilapangan, termasuk penghamparan dan pematatannya.

METODE MARSHALL TEST

Benda uji diuji ketahanannya terhadap deformasi pada suhu 60°C dan tingkat pembebanan tetap 50 mm/menit. Beban maksimum yang terjadi sebelum leleh adalah merupakan stabilitas *Marshall* dan besarnya deformasi pada benda uji sebelum benda uji meleleh adalah kelelahan *Marshall (flow)*. Perbandingan stabilitas dan *flow* adalah *Marshall Quontient (MQ)*, merupakan kekakuan semu yang merupakan ukuran dari ketahanan material terhadap deformasi tetap.

Pengujian *Marshall* ditujukan untuk menentukan kadar aspal optimum dengan menganalisa *Void In the Mix (VIM)*, *Void in Mineral Aggregate (VMA)*, *Void Filled with Asphalt (VFA)*, stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quontien (MQ)*.

METODE PENELITIAN

Analisis Data

a. Rongga di antara Mineral Agregat (*Void in the Mineral Agregat/ VMA*)

1. Terhadap berat campuran total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}}$$

Keterangan:

VMA = Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total, (%)

G_{mb} = Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat, (gr/cc)

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

2. Terhadap berat agregat total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100$$

Keterangan:

VMA = Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total, (%)

G_{mb} = Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat, (gr/cc)

P_b = Kadar aspal, persen total campuran, (%)

b. Rongga di dalam Campuran (*Void In The Compacted Mixture/ VIM*)

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} \times P_{mb}}{G_{mm}}$$

Keterangan:

VIM = Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total, (%)

G_{mb} = Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

G_{mm} = Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

c. Rongga Udara yang Terisi Aspal (*Void Filled with Bitumen/ VFA*)

$$VFA = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA}$$

Keterangan:

VFA = Rongga udara yang terisi aspal, prosentase dari VMA, (%)

VMA = Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total, (%)

VIM = Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total, (%).

d. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat *Marshall*.

e. Flow

Nilai *flow* diperoleh dari nilai yang ditunjukkan oleh jarum dial.

f. Hasil Bagi Marshall

$$MQ = \frac{MS}{MF}$$

keterangan:

MQ = *Marshall Quotient, (kg/mm)*

MS = *Marshall Stabilit,y (kg)*

MF = *Flow Marshall, (mm)*

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian material yang di lakukan meliputi: pemeriksaan agregat (kasar, halus dan *filler*). Hasil pemeriksaan ini dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

No	Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
Agregat Kasar				
1	Penyerapan Air	≤ 3 %	1,81	Memenuhi
2	Berat jenis <i>Bulk</i>	≥ 2.5	2,64	Memenuhi
3	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2,70	Memenuhi
4	Berat jenis Efektif	-	2,6	Memenuhi
5	Kausan dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	≤ 40 %	31,55 %	Memenuhi
6	Kelekatan Agregat terhadap Aspal	≥ 95 %	97 %	Memenuhi
Agregat Halus (pasir)				
1	Penyerapan Air	≤ 3 %	0,55	Memenuhi
2	Berat jenis <i>Bulk</i>	≥ 2.5	2,54	Memenuhi
3	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2,61	Memenuhi
4	Berat jenis Efektif	-	2,58	Memenuhi
Abu Batu				
1	Penyerapan Air	-	2,76	Memenuhi
2	Berat jenis <i>Bulk</i>	-	2,68	Memenuhi
3	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2,72	Memenuhi
4	Berat jenis Efektif	-	2,70	Memenuhi
Fly Ash (<i>Filler</i>)				
1	Berat jenis	-	3,03	
2	Bahan Lolos saringan No. 200	≤ 75 %	77,21	Memenuhi

Sumber : Hasil Pemeriksaan Laboratorium

b. Hasil Pengujian Aspal

Pemeriksaan dilakukan terhadap sifat fisik aspal penetrasi 60/70 untuk ex Pertamina. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 8. Hasil Pemeriksaan Aspal Pen 60/70 Pertamina

No	Jenis Pengujian	Persyaratan	Hasil	ket
1	Berat jenis	Min 1,0	1,08	Memenuhi

Sumber : hasil pemeriksaan laboratorium

c. Hasil Pengujian Marshall

Rekapitulasi hasil pengujian *Marshall* campuran AC - WC dapat dilihat pada tabel berikut :

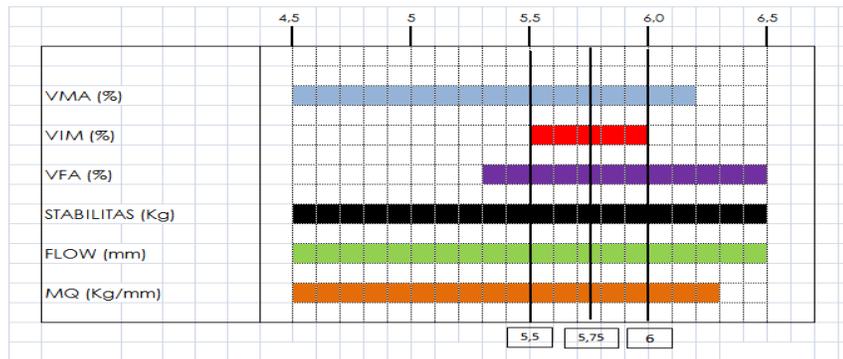
Tabel 9. Hasil Pengujian *Marshall*

No.	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)				
			4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Untuk Campuran Normal (Kadar Fly Ash 0%)							
1	VMA (%)	≥ 15	15,6	15,6	15,1	15,3	14,9
2	VIM (%)	3,5 – 5	7,6	6,4	4,8	3,8	2,2
3	VFA (%)	≥ 65	51,3	58,8	68,4	75,0	85,4
4	Stabilitas (kg)	≥ 800	975	1117	1222	1253	1076
5	Flow (mm)	≥ 3	3,3	3,5	3,8	4,1	4,5
6	MQ (kg/mm)	≥ 250	306,5	319,5	313,4	297,8	232,6
Untuk Kadar Fly Ash 1%							
1	VMA (%)	≥ 15	15,3	15,6	15,3	15,3	14,3
2	VIM (%)	3,5 – 5	7,2	6,4	4,9	3,8	1,5
3	VFA (%)	≥ 65	53,0	58,8	67,9	75,0	89,9
4	Stabilitas (Kg)	≥ 800	1187	1297	1534	1416	1082
5	Flow (mm)	≥ 3	3,2	3,4	4,0	4,3	4,8
6	MQ (Kg/mm)	≥ 250	353,7	365,1	329,4	290,7	211,7
Untuk Kadar Fly Ash 1,5%							
1	VMA (%)	≥ 15	15,5	15,6	15,5	15,3	14,4
2	VIM (%)	3,5 – 5	7,4	6,4	5,2	3,8	1,6
3	VFA (%)	≥ 65	52,3	59,1	66,5	75,0	88,7
4	Stabilitas (Kg)	≥ 800	1304	1518	1540	1488	1411
5	Flow (mm)	≥ 3	3,4	3,9	4,2	4,5	4,8
6	MQ (Kg/mm)	≥ 250	372,9	344,7	356,7	322,4	283,0
Untuk Kadar Fly Ash 2%							
1	VMA (%)	≥ 15	16,2	16,4	15,6	15,2	15,1
2	VIM (%)	3,5 – 5	8,2	7,3	5,2	3,7	2,4
3	VFA (%)	≥ 65	49,4	55,6	66,4	75,6	84,2
4	Stabilitas (Kg)	≥ 800	1425	1429	1396	1165	783
5	Flow (mm)	≥ 3	3,6	3,9	4,4	4,6	4,9
6	MQ (Kg/mm)	≥ 250	365,0	344,8	376,8	332,0	283,6

Sumber : hasil pengujian laboratorium

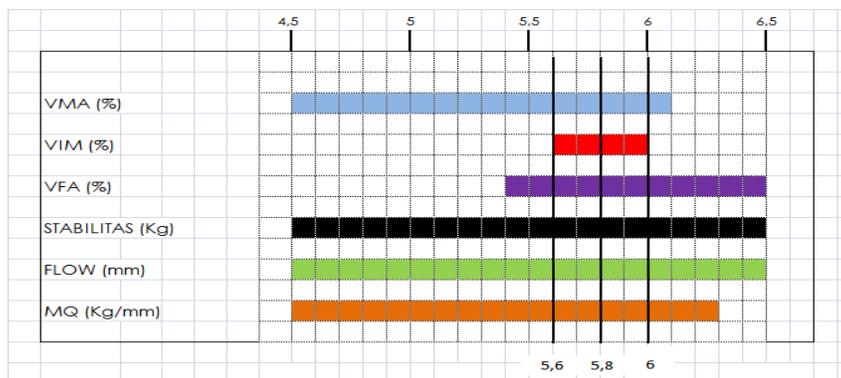
Dari tabel di atas maka kita dapat menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang dibutuhkan oleh campuran AC - WC . Kadar Aspal Optimal untuk masing – masing variasi kadar Fly Ash dapat dilihat pada gambar berikut:

a. Kadar Aspal Optimal Campuran Normal (0% Fly Ash)



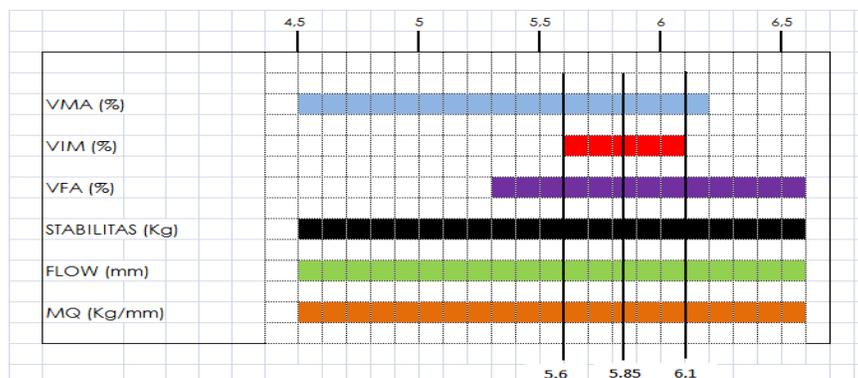
Berdasarkan Tabel diperoleh Kadar Aspal Optimum campuran AC – WC normal/tanpa ada penambahan Fly Ash (0% Fly Ash) sebesar 5,75%.

b. Kadar Aspal Optimal Campuran 1% kadar Fly Ash



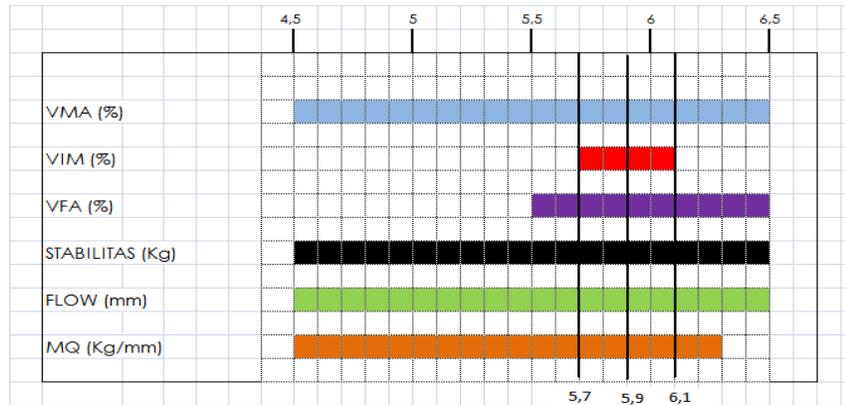
Berdasarkan Tabel diperoleh Kadar Aspal Optimum campuran AC – WC pada variasi kadar Fly Ash 1% sebesar 5,80%.

c. Kadar Aspal Optimal 1,5% kadar Fly Ash



Berdasarkan Tabel diperoleh Kadar Aspal Optimum campuran AC – WC pada variasi kadar Fly Ash 1,5% sebesar 5,85%.

d. Kadar Aspal Optimum Campuran untuk 2% kadar Fly Ash



Berdasarkan Tabel diperoleh Kadar Aspal Optimum AC – WC pada variasi kadar Fly Ash 2% sebesar 5,90%.

Untuk nilai dari VMA, VIM, VFA, Flow, Stabilitas, dan MQ dengan kadar aspal optimum dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 8. Nilai VMA, VIM, VFA, Flow, Stabilitas, dan MQ.

No	Karakteristik	Syarat	KAO	Pers. Garis dari grafik	Hasil	Ket
Campuran normal (0% kadar Fly Ash)						
1	VMA	≥ 15	5,75	$y = 0,014x^2 - 0,212x + 16,90$	15,00	Memenuhi
2	VIM	3,5 - 5		$y = 0,051x^2 - 2,136x + 18,29$	4,31	Memenuhi
3	VFA	≥ 65		$y = 0,754x^2 + 8,596x - 2,706$	71,66	Memenuhi
4	Stabilitas	≥ 800		$y = -203,4x^2 + 2305x - 5295$	1234,9	Memenuhi
5	Flow	≥ 3		$y = 0,1x^2 - 0,51x + 3,53$	3,9	Memenuhi
6	MQ	≥ 250		$y = -47,32x^2 + 486,7x - 927,6$	306,2	Memenuhi

No	Karakteristik	Syarat	KAO	Pers. Garis dari grafik	Hasil	Ket
Untuk campuran dengan variasi 1% kadar Fly Ash						
1	VMA	≥ 15	5,80	$y = -0,677x^2 + 7,000x - 2,489$	15,34	Memenuhi
2	VIM	3,5 - 5		$y = -0,799x^2 + 5,986x - 3,570$	4,27	Memenuhi
3	VFA	≥ 65		$y = 4,617x^2 - 32,81x + 107,4$	72,42	Memenuhi
4	Stabilitas	≥ 800		$y = -355,7x^2 + 3895x - 9180$	1443,69	Memenuhi
5	Flow	≥ 3		$y = 0,1x^2 - 0,27x + 2,32$	4,1	Memenuhi
6	MQ	≥ 250		$y = -52,48 + 505,6x - 857$	310,1	Memenuhi

No	Karakteristik	Syarat	KAO	Pers. Garis dari grafik	Hasil	Ket
Untuk campuran dengan variasi 1,5 % kadar Fly Ash						
1	VMA	≥ 15	5,85	$y = -0,618x^2 + 6,347x - 0,603$	15,38	Memenuhi
2	VIM	3,5 - 5		$y = -0,733x^2 + 5,264x - 1,500$	4,21	Memenuhi
3	VFA	≥ 65		$y = 4,208x^2 - 28,55x + 95,93$	72,92	Memenuhi
4	Stabilitas	≥ 800		$y = -186,8x^2 + 2092x - 4312$	1533,44	Memenuhi
5	Flow	≥ 3		$y = -0,085x^2 + 1,642x - 2,28$	4,4	Memenuhi
6	MQ	≥ 250		$y = -19,65x^2 + 175,7x - 26,34$	329,0	Memenuhi

No	Karakteristik	Syarat	KAO	Pers. Garis dari grafik	Hasil	Ket
Untuk campuran dengan variasi 2 % kadar Fly Ash						
1	VMA	≥ 15	5,90	$y = -0,021x^2 - 0,457x + 18,87$	15,44	Memenuhi
2	VIM	3,5 - 5		$y = -0,060x^2 - 2,376x + 20,30$	4,19	Memenuhi
3	VFA	≥ 65		$y = 0,845x^2 + 8,624x - 7,175$	73,12	Memenuhi
4	Stabilitas	≥ 800		$y = -270,2x^2 + 3016x - 6764$	1624,74	Memenuhi
5	Flow	≥ 3		$y = -0,1x^2 + 1,77x - 2,42$	4,5	Memenuhi
6	MQ	≥ 250		$y = -38,05x^2 + 383,4x - 598,5$	339,0	Memenuhi

Sumber : Data olahan

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa masing-masing KOA memenuhi syarat sesuai standar spesifikasi umum 2010, dan dari hasil perhitungan persamaan garis dari grafik menunjukkan bahwa penambahan fly ash 2 % mempunyai nilai stabilitas, MQ yang lebih tinggi di dibandingkan dengan yang lainnya.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Secara keseluruhan pengujian *Marshall* memenuhi spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 tetapi penambahan kadar fly ash yang 2% yang paling baik diantaranya sebab mempunyai nilai stabilitas, Marshall Quetions, flow, VFA, dan VMA paling besar.
2. Dari hasil pengujian *Marshall* untuk campuran AC-WC diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) pada kadar aspal 0% = 5,75%, 1% = 5,80%, 1,5% = 5,85% dan 2% = 5,90%.

Saran

1. Untuk penulis disarankan untuk melakukan penelitian material jenis lain yang dapat digunakan sebagai filler pengganti abu batu.
2. Untuk kegiatan pekerjaan jalan yang menggunakan AC-WC khususnya di Sulawesi Tenggara sebaiknya memanfaatkan hasil pembakaran batu bara agar hasil buangan tersebut dapat bermanfaat.