

PENGUNAAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN PENGISI (*FILLER*) DALAM CAMPURAN ASPAL JENIS AC-WC DENGAN PENGUJIAN MARSHALL

Nopriwanda Syahputra¹⁾, Alfian Malik²⁾, Mardani Sebayang²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : nopriwanda.syahputra@student.unri.ac.id

ABSTRACT

In a pavement mixture, filler has a significant effect because its functions as a cavity filler in the mixture. The fillers commonly used are Portland cement, stone ash or fly ash which are relatively expensive. Therefore it is necessary to use alternative filler removal materials but not reduce the quality of the pavement mixture. In this study, the filler used was waste burning rice husk ash because it has a high silica content which is almost the same as Portland cement. The purpose of this study was to determine the effect of using rice husk ash filler in a mixture of AC-WC asphalt types. In this study the optimum asphalt content determination was carried out at asphalt levels 5%, 5.5%, 6%, 6.5% and 7%. The proportion of rice husk ash used were 0%, 2%, 4%, 6% and 8%. The specifications used follow the Bina Marga 2010 Revision 3 standard with the Marshall method. The results of this study indicate that the AC-WC mixture using rice husk ash filler has better stability than not using rice husk ash filler. The highest stability value is found at 6% filler level which is equal to 1701.00 kg. The recommended level of rice husk ash for AC-WC mixture that is according to specifications is 6% because it has a better value of stability, flow, VIM, VMA, VFA, MQ.

Keywords: *Rice husk ash, Filler, AC-WC, Bina Marga Specification 2010 Revision 3*

A. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan yang umum digunakan di Indonesia adalah campuran Lapis Aspal Beton (Laston). Salah satu dari lapisan Laston tersebut adalah Laston lapis Aus atau *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*. Lapis *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* merupakan lapisan yang terletak di atas lapisan *Asphalt Binder Course (AC-BC)*. Laston merupakan campuran dari aspal, agregat kasar, agregat medium, agregat halus dan *filler*.

Persyaratan *filler* menurut Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 Revisi 3 bahwa *filler* harus dalam kondisi kering, bebas dari gumpalan-gumpalan serta lolos ayakan No. 200 (75 *Micron*) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Berdasarkan ketentuan tersebut *filler* yang biasa digunakan adalah semen *portland*, abu kapur atau abu terbang (*fly ash*).

Namun seperti yang kita ketahui bahwa *filler* tersebut persediaannya sudah mulai menipis dan harganya relatif mahal. Untuk itu diperlukan penggunaan *filler* yang lebih ekonomis dan mudah didapat namun tidak mengurangi kekuatan dari perkerasan itu sendiri serta masih memenuhi ketentuan yang disyaratkan.

Provinsi Riau merupakan daerah penghasil padi yang cukup besar, hal ini terlihat dari hasil sensus BPS Provinsi Riau tahun 2016 yang menunjukkan produksi padi daerah Riau mencapai 7.690 ha, meningkat 13,81% dibanding tahun sebelumnya (BPS Provinsi Riau, 2016). Setiap 1 ton padi menghasilkan sekitar 200 kg kulit sekam padi, setelah dilakukan pembakaran menghasilkan sekitar 40 kg abu sekam padi (Mehta & Monteiro, 2006). Hasil penelitian Akbar & Wesli (2012) menunjukkan bahwa

kenaikan nilai *density*, stabilitas, *flow* dan *marshall quotient* secara merata (optimum) terjadi pada campuran abu sekam padi dengan persentase 6%. Pernyataan ini diperkuat oleh hasil penelitian (Raharja dkk, 2013) menunjukkan bahwa abu sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif pengganti semen karena memiliki kandungan silika yang tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut maka perlu diteliti lebih lanjut mengenai penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal jenis AC-WC untuk mengetahui pengaruh penggunaannya terhadap kinerja campuran aspal secara keseluruhan.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Lapis Aspal Beton Atas (AC-WC)

Penggunaan AC-WC yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis aspal beton lainnya. Terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton adalah stabilitas, keawetan, fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan, kekesatan permukaan, kedap air dan kemudahan pelaksanaan. Untuk ketentuan sifat-sifat campuran aspal beton dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Laston

Sifat-Sifat Campuran		AC-WC
Jumlah tumbukan perbidang		75
Rongga dalam campuran, <i>VIM</i> (%)	Min	3
	Maks	5
Rongga dalam agregat, <i>VMA</i> (%)	Min	15
Rongga terisi aspal, <i>VFA</i> (%)	Min	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800
Pelelehan, <i>flow</i> (mm)	Min	2
	Maks	4
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C		90

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 (2010)

Gradasi agregat gabungan untuk campuran AC-WC yang mempunyai gradasi menerus ditunjukkan dalam persen berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan harus berada di luar daerah larangan (*restriction zone*) yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal

Ayakan	(mm)	% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran Laston (AC)		
		WC	BC	AC-BASE
1 1/2"	37,5	-	-	100
1"	25	-	100	90-100
3/4"	19	100	90 – 100	76 – 90
1/2"	12,5	90 - 100	75 – 90	60 – 78
3/8"	9,5	77 - 90	66 – 82	52 - 71
No. 4	4,75	53 - 69	46 -64	35 – 54
No. 8	2,36	33 -53	30 – 49	23 – 41
No. 16	1,18	21 - 40	18 – 38	13 – 30
No. 30	0,6	14 - 30	12 – 28	10 – 22
No. 50	0,3	9 – 22	7 – 20	6 – 15
No. 100	0,15	6 – 15	5 -13	4 – 10
No. 200	0,075	4 – 9	4 – 8	3 – 7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 (2010)

B.2 Bahan Penyusun AC-WC

B.2.1 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen.

Spesifikasi Bina Marga 2010 Bidang Jalan dan Jembatan revisi 3 menyatakan persyaratan aspal keras harus memenuhi ketentuan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300
3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
4	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
5	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70
6	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI 06-2440-1991)			
7	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2440-1991	≤ 0,8
8	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	≥ 54
9	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 (2010)

B.2.2 Agregat

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 ukuran butiran agregat dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu sebagai berikut.

1. Agregat Kasar (*Course Aggregate*), yaitu agregat ukuran butiran lebih besar atau tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm).
2. Agregat Halus (*Fine Aggregate*), yaitu agregat ukuran butiran lebih kecil atau lolos pada saringan No. 4 (4,75 mm) dan tertahan saringan no. 200.
3. Fraksi Bahan Pengisi (*Filler Fraction*), termasuk agregat halus yang sebagian besar lolos saringan No. 200.

Ketentuan-ketentuan dalam penggunaan agregat kasar dan halus dapat dilihat pada Tabel 4. dan Tabel 5.

Tabel 4. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Spesifikasi	
		Min	Max
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (%)	natrium sulfat		12
	magnesium sulfat		18
	Campuran AC	100 putaran	6
Abrasi dengan mesin Los Angeles (%)	Modifikasi	500 putaran	30
	Semua jenis campuran aspal	100 putaran	8
	bergradasi lainnya	500 putaran	40
Kelekatan agregat terhadap aspal (%)		95	
Butir pecah pada agregat kasar (%)		95/90	
Material lolos saringan ayakan No. 200 (%)			2

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 (2010)

Tabel 5. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Spesifikasi	
		Min	Max
Nilai setara pasir (%)	SNI 03-4428-1997	60	
Angularitas dengan uji kadar rongga (%)	SNI 03-6877-2002	45	
Gumpalan lempung dan butir - butir mudah pecah dalam agregat (%)	SNI 03-4141-1996		1

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 (2010)

B.2.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) merupakan material dengan ukuran butiran yang sangat kecil yang digunakan untuk mengisi rongga-rongga udara pada campuran yang mungkin dapat terbentuk karena proses pemadatan campuran atau gradasi ukuran agregat yang kurang baik.

Bahan pengisi (*filler*) yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan memiliki sifat non plastis.

B.2.4 Semen Portland

Semen *Portland* dibuat dari batu kapur (*limestone*) dan mineral yang lainnya, dicampur dan dibakar dalam sebuah alat pembakaran hingga didapat bahan material yang berupa bubuk. Komposisi senyawa kimia dari Semen *Portland* diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi Kimia Semen *Portland*

No.	Senyawa	Satuan	Hasil Analisa
1	CaO	%	60-65
2	SiO ₂	%	20-24
3	Al ₂ O ₃	%	4-8
4	Fe ₂ O ₃	%	2-5
5	MgO	%	0-5

Sumber : Putrowijoyo (2006)

B.2.5 Abu Sekam Padi (ASP)

Abu sekam padi atau biasa dikenal dengan RHA (*Rice Husk Ash*) merupakan hasil pembakaran dari sekam padi.

Berikut merupakan contoh pengujian komposisi kimia abu sekam padi pada daerah Air Tiris Kabupaten Kampar dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Komposisi Kimia Abu Sekam Padi Air Tiris

No.	Parameter Uji	Hasil Analisa (%)
1	SiO ₂	86,89
2	Al ₂ O ₃	1,58
3	Fe ₂ O ₃	0,48
4	CaO	1,99
5	MgO	1,29
6	Na ₂ O	0,82
7	K ₂ O	5,35
8	SO ₃	0,71
9	Kadar Air	0,52

Sumber : Balai Riset dan Standarisasi Industri Padang (2017)

C. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau. Dalam penelitian ini digunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 sebagai acuan untuk menentukan campuran Laston Lapis *Wearing* (AC-WC) dengan menggunakan metode pengujian *Marshall Test*. Sedangkan untuk standar pelaksanaan pengujiannya digunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berkaitan dengan pengujian Laston.

C.1 Bahan

Bahan yang digunakan adalah

1. Aspal PEN 60/70 merek Esso yang telah tersedia di Laboratorium Jalan Raya Universitas Riau.
2. Agregat kasar dan halus hasil berasal dari *Quarry Ex* Pangkalan.
3. Abu Sekam padi diperoleh dari limbah sekam padi hasil penggilingan yang di ambil dari Kecamatan Bunga Raya, Kabupaten Siak.

C.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah:

1. Alat uji pemeriksaan agregat
2. Alat uji pemeriksaan aspal.
3. Satu set saringan gradasi AC-WC
4. Cetakan benda uji dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm, lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.

5. *Extruder*
6. Alat Uji *Marshall*
7. Mesin penumbuk dengan permukaan yang rata berbentuk silinder dengan berat 4,54 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.
8. Oven dengan suhu mencapai 200 °C
9. *Water batch* atau bak rendaman dengan suhu mulai 10-100 °C
10. *Thermometer*
11. Timbangan
12. Perlengkapan lainnya

C.3 Pengujian Bahan

Semua bahan yang akan digunakan diperiksa karakteristiknya agar sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3.

C.3.1 Pengujian Aspal

Pengujian aspal PEN 60/70 yang dilakukan antara lain:

1. Pengujian titik nyala dan titik bakar aspal, mengacu pada SNI 2433:2011.
2. Pengujian penetrasi aspal, mengacu pada SNI 06-2456-1991.
3. Pengujian titik lembek aspal, mengacu pada SNI 2434:2011.
4. Pengujian daktilitas aspal, mengacu pada SNI 2432:2011.
5. Pengujian kehilangan berat aspal, mengacu pada SNI 06-2441-1991.
6. Pengujian berat jenis aspal, mengacu pada SNI 2441:2011.
7. Pengujian viskositas aspal, mengacu pada SNI 06-6441-2000.

C.3.2 Pengujian Agregat

Pengujian yang akan dilakukan untuk melihat karakteristik agregat adalah sebagai berikut:

1. Pengujian analisa saringan, mengacu pada SNI 03-1968-1990
2. Pengujian Material Lolos Ayakan No. 200, mengacu pada SNI 03-4142-1996 dan ASTM C117:2002
3. Pengujian *sand equivalent*, mengacu pada SNI 03-4428-1997,
4. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat, mengacu pada SNI 03-1969-1990 dan SNI 03-1970-1990,

5. Pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles*, mengacu pada SNI 2417 :2008
6. Pengujian kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium sulfat atau magnesium sulfat, mengacu pada SNI 3407:2008,
7. Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal, mengacu pada SNI 2439:2011,
8. Pengujian penentuan persentase butir pecah pada agregat kasar, mengacu pada SNI 7619:2012,
9. Pengujian pipih dan lonjong, mengacu pada ASTM D4791,
10. Pengujian angularitas dan kadar rongga, mengacu pada SNI 03-6877-2002,
11. Pengujian gumpalan lempung dan butir mudah pecah, mengacu pada SNI 03-4141-1996.

C.3.3 Pengujian Bahan Pengisi

1. Pengujian lolos saringan no. 200, mengacu pada SNI 03-4142-1996 atau SNI ASTM C136:2012
2. Pengujian berat jenis, mengacu pada SNI 15-2531-1991

C.4 Rancangan Campuran Laston

Berdasarkan variasi kadar aspal, kadar *filler* dan jenis pengujian yang akan dilakukan untuk mendapatkan KAO, maka jumlah benda uji yang dibutuhkan adalah sebanyak 75 buah dengan uraian pada Tabel 8.

Tabel 8. Jumlah Benda Uji untuk Menentukan KAO

Proporsi <i>filler</i>	Jumlah sampel kadar aspal (bh)	Variasi kadar aspal (bh)	Jumlah sampel (bh)
0% ASP	3	5	15
2% ASP	3	5	15
4% ASP	3	5	15
6% ASP	3	5	15
8% ASP	3	5	15
Total			75

Setelah diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) untuk masing masing variasi proporsi *filler*, kemudian dibuat benda uji dengan menggunakan kadar aspal optimum dengan pengujian *Marshall* standar sebanyak 3 buah setiap variasinya. Diperoleh sebanyak 15 buah benda uji

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun AC-WC

Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah material yang digunakan layak sebagai bahan campuran Laston dan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 3.

D.1.1 Hasil Pengujian Aspal

Hasil pengujian aspal diperlihatkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Pengujian Aspal

Sifat-sifat Material Yang Diuji	Hasil Uji	Spesifikasi	
		Min	Maks
Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik	63,05 mm	60	70
Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik (Setelah TFOT)	90,21 %	54	
Titik Lembek (<i>Softening Point</i>)	53,95 °C	48	
Titik Nyala dengan <i>Cleveland Open Cup</i>	295 °C	232	
Daktilitas, 25 °C, 5 cm/menit	153 cm	100	
Daktilitas, 25 °C, 5 cm/menit (Setelah TFOT)	139,00 cm	100	
Berat Jenis	1,057	1	
Kehilangan Berat (TFOT)	0,428 %		0,8
Viskositas			
> Suhu Pemadatan Ideal (Viscositas = 280 cSt)	147,00 °C	135	155
Suhu Pemadatan Min (280 - 30 =250)	149,50 °C		
Suhu Pemadatan Max (280 + 30 =310)	145,00 °C		
> Suhu Pencampuran Ideal (Viscositas = 170 cSt)	156,00 °C	149	160
Suhu Pencampuran Min (170 - 20 = 150)	158,00 °C		
Suhu Pencampuran Max (170 + 20 = 190)	154,00 °C		
Viskositas Kinematis 135 °C, 5 (cSt)	570,00 °C	300	

Dari hasil pengujian aspal PEN 60/70 dapat dilihat pada Tabel 9. menunjukkan karakteristik aspal telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Maka aspal tersebut bisa

digunakan sebagai bahan penyusun Laston dalam penelitian ini.

D.1.2 Hasil Pengujian Agregat

Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 10. dan Tabel 11.

Tabel 10. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian			Standar	Hasil Pengujian	Spesifikasi	
					Min	Maks
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (%)		natrium sulfat	SNI 3407:2008	3,12	12	
		magnesium sulfat		-	18	
Abrasi dengan mesin Los Angeles (%)	Campuran AC	100 putaran	SNI 2417:2008	-	6	
	Modifikasi	500 putaran		-	30	
	Semua jenis campuran aspal	100 putaran		-	8	
	bergradasi lainnya	500 putaran		11,60	40	
Kelekatan agregat terhadap aspal (%)			SNI 2439:2011	97,71	95	
Partikel pipih dan lonjong (%)			ASTM D4791 Perbandingan 1: 5	7,37	10	
Material Lolos Ayakan No.200 (%)			SNI 03-4142-1996	0,23	2	

Tabel 11. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian			Standar	Hasil Pengujian	Spesifikasi	
					Min	Maks
Nilai setara pasir (%)			SNI 03-4428-1997	91,34	60	
Angularitas dengan uji kadar rongga (%)			SNI 03-6877-2002	45,30	45	
Gumpalan lempung dan butir - butir mudah pecah dalam agregat (%)			SNI 03-4141-1996	0,12		1
Material Lolos Ayakan No.200			ASTM C117:2012	7,72		10

Berdasarkan Tabel 10. Dan Tabel 11. dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian agregat kasar dan halus telah layak digunakan sebagai bahan campuran beraspal Laston.

D.1.3 Hasil Pengujian Filler

Hasil pengujian *filler* abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Pengujian *Filler*

Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
		Abu Sekam Padi
Lolos saringan no. 200 (%)	75	85,72
Berat jenis	-	2,81

Hasil pengujian pada Tabel 12. diatas menunjukkan bahwa abu sekam padi layak digunakan sebagai *filler* pengganti pada campuran aspal AC-WC. Hasil uji menunjukkan bahwa *filler* tidak mengandung gumpalan dan lolos saringan no. 200 lebih dari 75%.

Untuk hasil pengujian berat jenis, abu sekam padi memiliki nilai berat jenis sebesar 2,81.

D.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum Laston AC-WC

Untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO), metode yang digunakan berdasarkan RSNI M-01-2003 dengan lima karakteristi marshall dengan menjabarkan grafik stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA* dan *MQ*.

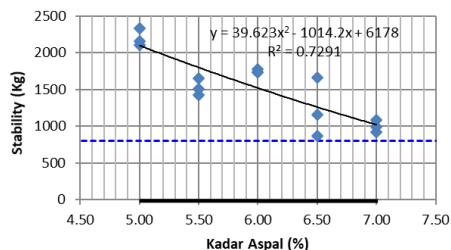
Setiap nilai yang didapat memiliki batas yang diatur oleh Bina Marga. Untuk lebih jelasnya

dapat dilihat pada tabel 13 perhitungan nilai KAO dengan kadar abu sekam 2%.

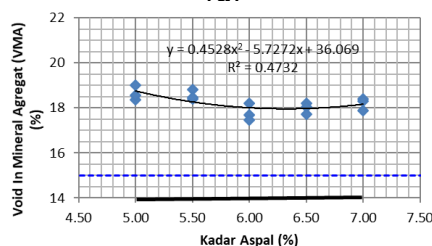
Tabel 13. Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO kadar *Filler* 2%

% Kadar Aspal		VMA(%)	VIM(%)	VFA(%)	Stabilitas(kg)	Flow(mm)	MQ(kg/mm)
5	1	18,375	7,717	58,0	2099,2	4,60	456,34
	2	19,014	8,440	55,6	2158,2	3,80	567,95
	3	18,574	7,911	57,3	2329,4	2,75	847,05
5,5	1	18,389	6,579	64,2	1652,2	3,10	532,98
	2	18,800	7,050	62,5	1422,0	2,20	646,37
	3	18,475	6,677	63,9	1503,3	2,90	518,37
6	1	18,204	5,198	71,4	1733,5	3,50	495,29
	2	17,698	4,611	73,9	1774,1	4,50	394,25
	3	17,453	4,328	75,2	1733,5	3,60	481,53
6,5	1	18,194	4,005	78,0	866,8	3,85	225,13
	2	18,033	3,817	78,8	1665,8	4,20	396,62
	3	17,712	3,440	80,6	1151,2	4,15	277,39
7	1	18,411	3,069	83,3	920,9	4,70	195,94
	2	17,882	2,440	86,4	1083,4	4,41	245,68
	3	18,304	2,942	83,9	988,6	4,25	232,62

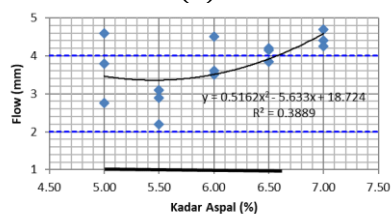
Setelah diperoleh nilai rata-rata pengujian *Marshall*, maka dilakukan penggambaran grafik karakteristik *Marshall* untuk mendapatkan nilai KAO yang terlihat pada Gambar 1. dan Tabel 14.



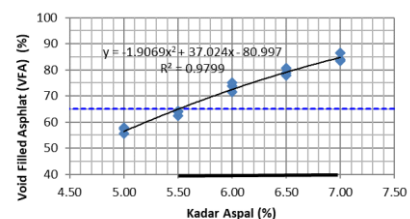
(a)



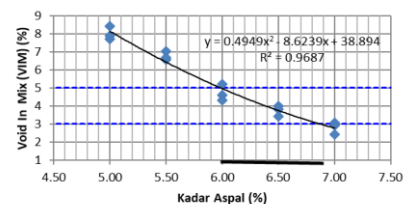
(b)



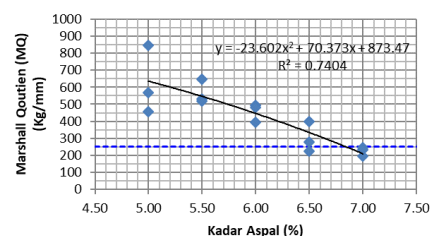
(c)



(d)



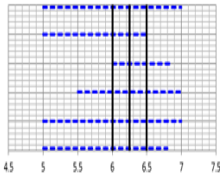
(e)



(f)

Gambar 1. Grafik Hasil Uji Karakteristik *Marshall*

Tabel. 14 Penentuan Kadar Aspal Optimum

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal
1	Stabilitas	800	
2	Flow	2 – 4	
3	VIM	3 – 5	
4	VFA	Min 65	
5	VMA	Min 15	
6	MQ	Min 250	
$\text{KAO (\%)} = \frac{(6 + 6,5)}{2} = 6,25\%$			

Dari Gambar 1. dan Tabel 14. diperoleh nilai kadar aspal optimum 6,25 % untuk komposisi *Filler* 2%. Kadar aspal optimum yang diperoleh dari keseluruhan pengujian adalah sebagai berikut :

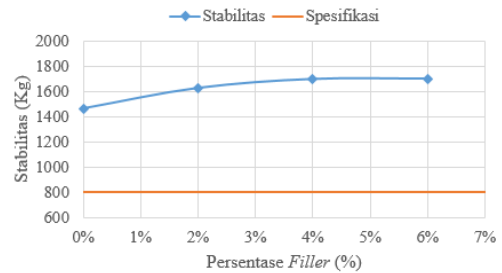
- Filler* 0% adalah 6,15%,
- Filler* 2% adalah 6,25%,
- Filler* 4% adalah 6,35%,
- Filler* 6% adalah 6,40%,
- Filler* 8% tidak memenuhi spesifikasi.

D.3 Hasil Pengujian Pada Kadar Aspal Optimum Campuran Laston AC-WC

Setelah didapatkan nilai KAO, selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji pada keempat komposisi *filler* (0%, 2%, 4%, 6%). Untuk melihat nilai karakteristik *Marshall* yang meliputi, stabilitas, *flow*, VMA, VFA, VIM dan MQ. Pada penelitian ini hanya menitikberatkan pada nilai stabilitas dari keempat komposisi *filler*, dan komposisi terbaik adalah komposisi yang memiliki nilai stabilitas tertinggi, yaitu pada campuran dengan *filler* 6% dengan nilai stabilitas 1701,00 Kg.

D.3.1 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran untuk menahan beban perkerasan tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti : gelombang, alur (*rutting*), maupun *bleeding*. Hasil pengujian stabilitas kondisi KAO dapat dilihat pada Gambar 2.

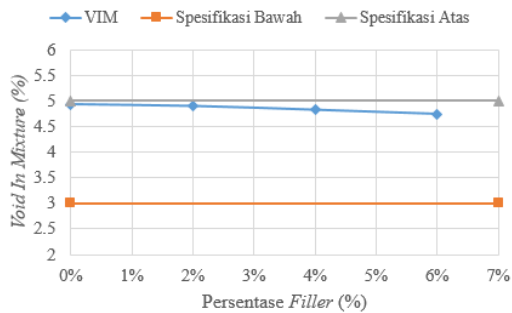


Gambar 2. Grafik Hubungan Stabilitas Terhadap Variasi *Filler*

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas dari seluruh variasi *filler* yang digunakan telah memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Nilai stabilitas terkecil terdapat pada campuran *filler* abu sekam padi 0% yaitu sebesar 1462,64 kg, hal ini menunjukkan bahwa pada komposisi *filler* 0% benda uji yang dihasilkan lebih lembek karena memiliki rongga yang cukup besar di dalam campuran yang disebabkan oleh tidak adanya *filler* yang mengisi rongga tersebut. Pada variasi *filler* 2%, 4% dan 6% terjadi kenaikan nilai stabilitas, dan nilai stabilitas tertinggi terapat pada variasi *filler* 6% yaitu sebesar 1701,00 kg. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambah kadar *filler*, maka semakin bertambah nilai stabilitas yang dihasilkan. Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa penggunaan *filler* dapat menaikkan nilai stabilitas pada campuran, hal ini disebabkan oleh fungsi *filler* sebagai pengisi rongga pada campuran sehingga campuran menjadi lebih kuat.

D.3.2 Rongga dalam Campuran (VIM)

Nilai VIM adalah jumlah ruang udara yang terkandung dalam campuran yang terdapat diantara partikel agregat yang dinyatakan dalam persen dari volume total. Dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 nilai VIM untuk campuran AC-WC adalah sebesar 3-5%. Hasil pengujian VIM kondisi KAO dapat dilihat pada Gambar 3.

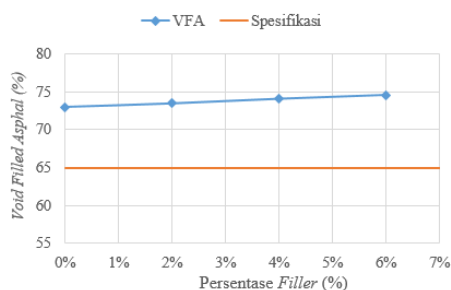


Gambar 3. Grafik Hasil Nilai VIM Terhadap Variasi Filler

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa pengujian dari seluruh variasi *filler* telah memenuhi spesifikasi VIM yang ditetapkan oleh Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu 3-5%. Nilai VIM tertinggi terdapat pada campuran *filler* 0% yaitu 4,93% dan nilai VIM terendah terdapat pada campuran *filler* 6% yaitu 4,74%. Nilai VIM terlihat menurun seiring dengan bertambahnya persentase *filler*, hal ini disebabkan oleh partikel halus yang semakin banyak pada setiap variasi *filler*. Semakin banyak partikel halus dalam suatu campuran maka semakin sedikit rongga udara dalam campuran.

D.3.3 Rongga Terisi Aspal (VFA)

Nilai VFA adalah persentase volume aspal yang menyelimuti agregat. VFA biasa disebut dengan rongga terisi aspal. Semakin tinggi nilai VFA menandakan semakin banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal. Hasil pengujian VFA kondisi KAO dapat dilihat pada Gambar 4.



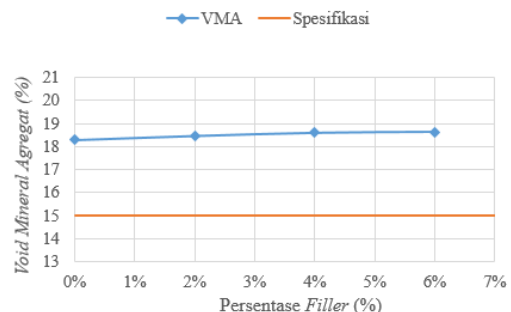
Gambar 4. Grafik Hasil VFA Terhadap Variasi Filler

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa pengujian seluruh variasi *filler* telah memenuhi spesifikasi VFA yang ditetapkan

oleh Bina Marga yaitu minimal 65%. Pada campuran *filler* 0% didapatkan nilai VFA sebesar 72,98%, pada kadar *filler* 2%, didapatkan nilai VFA sebesar 73,44% dan nilai VFA tertinggi terdapat pada campuran *filler* 6% yaitu 74,53%. Dari hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa nilai VFA mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar *filler* pada campuran, hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya rongga yang terisi aspal didalam campuran dan semakin tingginya kadar aspal pada campuran.

D.3.4 Rongga dalam Mineral Agregat (VMA)

VMA adalah nilai rongga yang terdapat antara partikel campuran yang sudah dipadatkan dinyatakan dalam persen dari volume total. Apabila nilai VMA terlalu kecil maka mengakibatkan agregat mudah lepas karena lapisan aspal yang terlalu tipis dan akan mudah rusak. Nilai VMA untuk campuran AC-WC yang ditetapkan Bina Marga adalah minimal 15%. Hasil pengujian VMA kondisi KAO dapat dilihat pada Gambar 5.

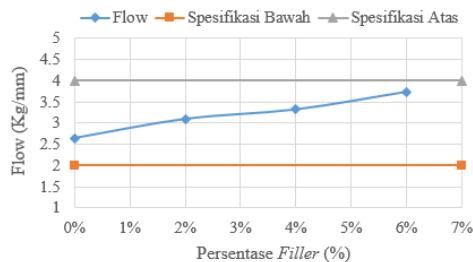


Gambar 5. Grafik Hasil VMA Terhadap Variasi Filler

Dari Gambar 5. Dapat dilihat bahwa pengujian seluruh variasi *filler* telah memenuhi spesifikasi VMA yang ditetapkan oleh Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu minimal 15%.

D.3.5 Flow (Kelelahan)

Nilai *flow* adalah nilai yang menunjukkan tingkat kekakuan aspal, nilai *flow* yang rendah mengakibatkan aspal bersifat getas dan mudah retak, sebaliknya nilai *flow* yang terlalu tinggi akan menyebabkan aspal terlalu plastis sehingga sangat mudah berubah bentuk saat menerima beban perkerasan. Hasil pengujian *flow* kondisi KAO dapat dilihat pada Gambar 6.



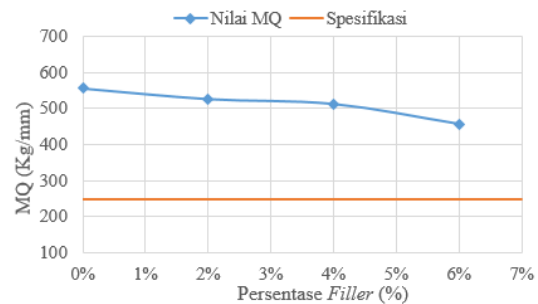
Gambar 6. Grafik Hasil Nilai *flow* Terhadap Variasi Filler

Dari Gambar 6. terlihat bahwa nilai *flow* setiap variasi *filler* memenuhi syarat sebagai mana yang ditetapkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 batasan untuk nilai *flow* yaitu 2 mm sampai dengan 4 mm untuk campuran Laston AC-WC. Nilai *flow* tertinggi terdapat pada campuran *filler* 6% yaitu sebesar 3,73mm, sedangkan nilai *flow* terendah terdapat pada campuran *filler* 0% yaitu sebesar 2,65mm. Dari hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa nilai *flow* mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kadar *filler* dalam campuran, hal ini disebabkan oleh benda uji menjadi lebih plastis karena bertambahnya kadar aspal dan kadar *filler* pada campuran.

D.3.6 Marshall Quotient (MQ)

Niai MQ merupakan nilai yang menunjukkan tingkat fleksibilitas campuran, yaitu kemampuan campuran aspal untuk berdeformasi tanpa mengalami perubahan volume atau retak. Nilai MQ didapat dari hasil bagi antara nilai stabilitas dan nilai kelelahan (*flow*). Campuran dengan nilai MQ tinggi cenderung memiliki sifat kaku dan kurang lentur, sedangkan campuran dengan nilai MQ rendah cenderung memiliki sifat lentur dan plastis, sehingga dapat berubah bentuk ketika diberi beban. Hasil pengujian

MQ kondisi KAO dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hasil Nilai MQ Terhadap Variasi Filler

Dari Gambar 7. terlihat bahwa nilai MQ untuk setiap variasi *filler* lebih besar dari yang di syatkan berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu 250 kg/mm untuk Laston AC-WC. Nilai MQ tertinggi terdapat pada campuran *filler* 0% yaitu 556,59 kg/mm dan nilai MQ terendah terdapat pada campuran *filler* 6% yaitu 455,80 kg/mm. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa nilai MQ mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar *filler*, hal ini disebabkan oleh pada kadar *filler* 0% benda uji memiliki sifat yang kaku sedangkan pada kadar *filler* 2%, 4% dan 6% benda uji memiliki sifat lebih lentur.

D.4 Rangkuman Hasil Pengujian Karakteristik Marshall

Setelah dilakukan pengujian karakteristik Marshall kondisi KAO pada masing-masing kadar *filler*, didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 16.

Berdasarkan tabel 16 dapat disimpulkan bahwa kadar abu sekam padi optimum adalah pada kadar *filler* 6%, karena :

1. Mempunyai nilai stabilitas paling besar dibandingkan dengan kadar *filler* yang lainnya yaitu sebesar 1701,00 Kg, hal ini menunjukkan bahwa benda uji memiliki kekuatan paling tinggi.
2. Mempunyai nilai VIM paling rendah yaitu sebesar 4,74% hal ini menunjukkan bahwa kadar rongga di dalam campuran sangat sedikit namun masih memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3,

Tabel 16. Rangkuman Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall*

Kadar Abu Sekam	Stabilitas (kg)	VIM (%)	VFA (%)	VMA (%)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
0%	1462,64	4,93	72,98	18,27	2,65	556,59
2%	1626,06	4,90	73,44	18,45	3,09	526,40
4%	1697,39	4,82	74,04	18,59	3,32	512,63
6%	1701,00	4,74	74,53	18,63	3,73	455,80
8%	Tidak Memenuhi Spesifikasi					

dengan rongga yang sedikit maka campuran akan lebih kedap air dan tidak mudah berlubang.

3. Mempunyai nilai *VFA*, *VMA* dan *flow* paling besar yaitu masing-masing sebesar 74,53%, 18,63% dan 3,73mm hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak rongga yang terisi oleh aspal dan tingkat kelenturan yang baik pada campuran.
4. Mempunyai nilai *MQ* paling rendah yaitu sebesar 455,80 kg/mm hal ini menunjukkan bahwa benda uji tidak mudah retak dan tidak kaku.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai *filler* terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penggunaan *Filler* abu sekam padi sangat berpengaruh terhadap nilai karakteristik *Marshall* terutama pada nilai stabilitas, *flow* dan *VIM*. Dengan menggunakan *filler* abu sekam padi, didapat nilai stabilitas tertinggi yaitu 1701,00 Kg pada kadar *filler* 6% dan *flow* mengalami kenaikan yang menandakan campuran menjadi lebih kuat dan lentur. Sedangkan untuk nilai *VIM* mengalami penurunan, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan abu sekam padi dapat mengurangi rongga udara di dalam campuran yang menyebabkan campuran lebih kedap air dan tidak mudah berlubang.
2. Kadar *filler* abu sekam padi optimum untuk campuran AC-WC yaitu 6% dengan kadar aspal optimum yaitu

6,40% karena memiliki nilai stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA*, *VFA*, *MQ* yang lebih baik dari pada persentase kadar *filler* abu sekam padi lainnya dan memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Kadar *filler* 8% tidak dapat digunakan karena nilai karakteristik *Marshall* tidak memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3. Untuk kadar *filler* 0% dan 2%, walaupun tidak memenuhi spesifikasi gradasi campuran yang ditetapkan oleh Bina Marga 2010 Revisi 3, tetapi hasil pengujian karakteristik *Marshall* dari kadar *filler* 0% dan 2% sudah memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

E.2 Saran

Untuk penyempurnaan hasil penelitian serta untuk mengembangkan penelitian yang lebih lanjut disarankan untuk melakukan penelitian dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Diharapkan adanya penelitian yang dilakukan terhadap pengaruh air atau perendaman dalam waktu yang lama (*durabilitas*), sebagai acuan apabila kondisi jalan terendam dalam jangka waktu yang lama.
2. Diharapkan adanya penelitian tentang penggantian *filler* semen *Portland* dengan abu sekam padi pada campuran perkerasan yang berbeda misalnya lapisan (*AC-BC*).
3. Hendaknya proses pencampuran maupun pemadatan benda uji dalam penelitian tidak dilakukan secara manual agar kualitas benda uji yang dihasilkan sama dan mengurangi kesalahan yang terjadi selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, L., & Zainul, M. (2009). Campuran Hot Rolled Sheet (HRS) dengan Material Piropilit Sebagai Filler yang Tahan Hujan Asam, 3(1), 17–28.
- Akbar, S.J., Wesli. (2012). *Stabilitas Lapis Aspal Beton AC-WC Menggunakan Abu Sekam Padi*. Teras Jurnal. Volume 2. No. 4. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Malikussaleh. Aceh.
- Bina Marga. (1990). *SK SNI M 58-1990-03, Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*. Direktorat Jendral Bina Marga.
- Bina Marga. (2011). *SNI-03-2439. Metode Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011). *SNI-2433. Metode Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar dengan Cleveland Open Cup*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011). *SNI-2434. Metode Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter.* Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (1991). *SNI-06-2440. Metode Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal dengan Cara A*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011). *SNI-2441. Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (1991). *SNI-06-2456. Metode Pengujian Penetrasi Baha-Bahan Bitumen*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2000). *SNI-06-6441. Metode Pengujian Viskositas Bahan Aspal*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2003). *RSNI-M-01. Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum. Jendral Bina Marga.
- Bina Marga. (SNI-06-2432. *Metode Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Aspal*). 1991. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Dirjen Bina Marga. (2010). *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3. Kementerian Pekerjaan Umum, Indonesia*.
- Hendarsin, S. L. (2000). *Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Bandung. Poltek Negeri.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2006). *Concrete Microstructure, Properties, and Materials* (Third Edit). Universitas Of California at Berkeley.
- Putrowijoyo, R., 2006, *Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland Dan Abu Batu Sebagai*, Tesis pada Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- Rahaditya, D. R. (2012). *Sebagai Filler Pada Perkerasan Hot Rolled Sheet – Wearing Course (HRS-WC)*.
- Rianto, R. H. (2007). *Pengaruh Abu Sekam Sebagai Bahan Filler Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (Cebr) Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (Cebr)*.
- Sukirman, S. (1999). *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik jalan*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.
- Suprasman dan Ermiyati. (2003). *Kuat Tekan Mortar dengan Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Sebagian Semen*. Pekanbaru: Universitas Riau, 1-9.
- Wulandari, F. I. (2011). *Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji Kayu Jati (Tectona Grandits L.f) pada Paduan Tanah Liat dan Abu Sampah Terhadap Kualitas Batu Bata Merah Di Kabupaten Karanganyar*. Skripsi pada FMIPA Universitas Sebelas Maret. Surakarta