

PENGARUH PENGANTIAN BAHAN PENGISI SEMEN DENGAN KOMBINASI ABU BATA DAN ABU SEKAM PADI PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC

Rahmi Afifi¹⁾, Alfian Malik²⁾, Gunawan Wibisono²⁾

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 28293

Email : rahmi.afifi@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Asphalt concrete wearing course (AC-WC) is the top layer in flexible pavement. Asphalt concrete is a mixture of asphalt, coarse aggregate, fine aggregate and filler. Many types of filler have been used to improve asphalt concrete performance. In this research, a combined of brick ash and rice husk ash was used as filler. As wasted products, this mixed filler can be used as an alternative replacement of Portland cement due to their similar chemical compounds. The objective of this research is to analyze Marshall characteristics (stability, flow, volumetric properties and Marshall Quotient) of an AC-WC mixture containing a combination of Portland cement and a mixed of 40% brick ash and 60% rice husk ash as filler. Ratios of cement and the mixed ash used were 100:0, 50:50, and 0:100. After obtaining the optimum asphalt content for each different filler variation, Marshall test were performed to obtain flow, stability and density values. The result of tests showed that the composition of filler 50:50 gives Marshall characteristics with stability value of 1250,5 kg and air void of 4,846%. The composition of filler 0:100 gives Marshall characteristics with the highest stability value of 1692,9 kg and the smallest air void of 4,533%, which satisfied the specifications of Bina Marga 2010 Revision 3.

Keywords: rice husk ash, brick ash, AC-WC, filler

A. PENDAHULUAN

Melihat peningkatan mobilitas penduduk yang sangat tinggi, maka diperlukan peningkatan kualitas pembangunan prasarana transportasi jalan yang ramah lingkungan, murah dan tahan lama. Untuk itu diperlukan inovasi dengan menggunakan alternatif bahan campuran perkerasan jalan yang berasal dari limbah industri dan pertanian yang mampu menghasilkan kualitas yang memenuhi standar.

Laston Lapis Aus atau *Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC)* merupakan bagian yang terletak pada lapisan paling atas dalam perkerasan lentur jalan raya. Laston merupakan campuran dari aspal, agregat kasar,

agregat halus dan bahan pengisi (*filler*). *Filler* yang biasa digunakan adalah semen *Portland*, abu kapur atau abu terbang (*fly ash*).

Dewasa ini, limbah pertanian seperti abu sekam padi dan limbah pabrik batu bata hanya cenderung digunakan sebagai abu gosok dan bahan urugan saja, padahal secara struktur kimia limbah tersebut memiliki senyawa penyusun yang menyerupai semen *Portland*. Mengingat pemanfaatan limbah yang berpotensi untuk digunakan sebagai *filler* campuran beraspal masih belum maksimal, maka perlu kajian penggunaan kombinasi abu bata dan abu

sekam padi sebagai *filler* alternatif yang mampu menggantikan fungsi dari *filler* yang sering digunakan.

Tujuan penelitian ini adalah menguji dan menganalisis pengaruh penggunaan kombinasi abu bata dan abu sekam padi sebagai pengganti *filler* semen *Portland* terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran aspal AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*).

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Lapis Aspal Beton Lapis Aus

Salah satu produk campuran beton aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah adalah Laston Lapis Aus atau *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC). AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-Base, AC-BC dan 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. Sebagai lapis permukaan, AC-WC harus dapat memberikan daya dukung yang baik, berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya serta memberikan kenyamanan dan keamanan yang tinggi.

B.2 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. Penggunaan bahan pengisi harus dibatasi, jika terlalu banyak menyebabkan campuran getas dan mudah retak akibat beban lalu lintas. Sebaliknya jika terlalu rendah akan menghasilkan campuran yang lunak dan tidak tahan oleh perubahan cuaca.

B.3 Abu Bata

Abu batu bata dalam hal ini merupakan batu bata yang cacat produksi atau pecah dan tidak dapat diolah kembali atau di daur

ulang menjadi batu bata baru. Pecahan-pecahan batu bata tersebut semakin banyak dan menumpuk di pabrik batu bata yang kemudian menjadi limbah yang tidak terpakai. Sampai saat ini pemanfaatan limbah batu bata hanya sebagai bahan urugan, namun limbah batu bata tersebut memiliki potensi lain yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi campuran beraspal (*filler*) yaitu berupa abu bata.

Tanah liat sebagai bahan dasar pembuatan batu bata merah mengalami proses pembakaran dengan temperatur tinggi diatas 800°C hingga mengeras seperti batu (Wulandari, 2011). Dari proses tersebut maka sifat plastis pada tanah liat akan hilang.

B.4 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi merupakan hasil pembakaran dari sekam padi. Berdasarkan Zemke & Woods (2009) abu sekam padi memiliki kandungan silika yang tinggi apabila dibakar selama 1-2 jam pada suhu 600-700°C. Kandungan silika yang dominan menunjukkan bahwa abu sekam padi memiliki sifat pozzolanik yang tinggi (Suprasman & Ermiyati, 2003). Setiap 1 ton padi menghasilkan sekitar 200 kg kulit sekam padi, setelah dilakukan pembakaran menghasilkan sekitar 40 kg abu sekam padi (Mehta & Monteiro, 2006).

Limbah abu sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif pengganti semen karena memiliki kandungan silika yang tinggi (Raharja *et al.*, 2013). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ambarwati dan Arifin (2009) mengatakan penggunaan silika dalam campuran beraspal dapat meningkatkan potensi stabilitas dan durabilitas.

C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dan deskriptif analisis. Dengan menggabungkan kedua metode ini data-data hasil pengujian akan diidentifikasi berdasarkan fakta yang diperoleh saat

pengujian kemudian dianalisis berdasarkan pustaka dan data pendukung lainnya. Dalam penelitian ini digunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 sebagai acuan untuk menentukan campuran Laston Lapis Aus (AC-WC). Sedangkan untuk standar pelaksanaan pengujiannya digunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berkaitan dengan pengujian Laston

Pelaksanaan penelitian seperti pembuatan, pengujian dan perawatan benda uji dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau.

C.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. aspal PEN 60/70 merek Esso yang telah tersedia di Laboratorium Jalan Raya Universitas Riau,
2. agregat kasar dan halus berasal dari Kabupaten Kampar,
3. *filler* yang dikombinasikan yaitu:
 - a. Semen Portland, semen yang digunakan sebagai bahan utama *filler* adalah Semen *Portland* yang sesuai dengan SNI.
 - b. Batu Bata, limbah batu bata diambil dari pabrik batu bata di Jalan Badak, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru. Tahapan pengolahan batu bata menjadi bahan pengisi adalah dengan cara dijemur terlebih dahulu, setelah kering batu bata di hancurkan dengan batu kemudian dihaluskan dengan *blender* lalu disaring dengan saringan no. 200.
 - c. Abu Sekam Padi, limbah sekam padi hasil pengilangan yang di ambil dari Kecamatan Bunga Raya, Kabupaten Siak. Tahapan pengolahan abu sekam padi adalah dengan cara dijemur terlebih dahulu, setelah kering kemudian dibakar dan dihaluskan dengan *blender* lalu disaring dengan saringan no. 200.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

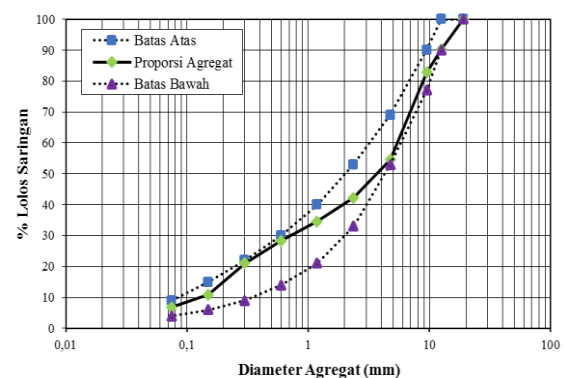
1. Alat untuk pengujian aspal
2. Alat untuk penujian agregat
3. Satu set saringan
4. Alat untuk pembuatan benda uji
5. Alat untuk pengujian *Marshall*
6. Oven dengan suhu mencapai 200°C
7. Bak perendaman (*water bath*) dilengkapi dengan pengatur suhu 60°C
8. Termometer
9. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram

C.3 Proporsi Agregat

Penelitian ini menggunakan cara analitis (*trial and error*) dalam menentukan proporsi agregatnya. Penelitian ini menggunakan beberapa fraksi agregat diantaranya adalah fraksi agregat kasar, agregat medium, abu batu dan *filler*. Dari fraksi tersebut digabungkan menjadi satu campuran dimana gradasi persentase lolos saringan yang diperoleh dengan cara mengambil nilai di antara batas atas dan batas bawah persentase lolos saringan yang ditetapkan dalam spesifikasi. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Proporsi Agregat

Nomor Saringan		Perkiraan Proporsi Masing-Masing Fraksi					Spesifikasi Lolos Saringan	
		Fraksi 1	Fraksi 2	Fraksi 3	Fraksi 4	Jumlah	Batas Bawah	Batas Atas
Mm	Inch	19%	30%	45%	6%	100%		
19	3/4"	19,00	30,00	45,00	6,00	100	100	100
12,5	1/2"	9,09	30,00	45,00	6,00	90,09	90	100
9,5	3/8"	2,23	29,55	45,00	6,00	82,78	77	90
4,75	No. 4	0,31	10,01	38,26	6,00	54,58	53	69
2,36	No. 8	0,28	4,88	31,10	6,00	42,27	33	53
1,18	No. 16	0,27	3,79	24,51	6,00	34,57	21	40
0,6	No. 30	0,27	3,27	19,10	5,70	28,33	14	30
0,3	No. 50	0,25	2,66	13,21	4,95	21,07	9	22
0,15	No. 100	0,20	1,26	4,66	4,80	10,92	6	15
0,075	No. 200	0,14	0,53	0,86	5,34	6,87	4	9



Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat AC-WC

C.4 Perkiraan Kadar Aspal dan Jumlah Sampel

Untuk mendapatkan kadar aspal yang optimum, maka dibuat benda uji dengan rentang 2 kadar aspal di bawah kadar aspal tengah dan 2 kadar aspal di atas kadar aspal tengah (-1,0%; -0,5%; P; +0,5%; +1%). Berikut adalah perhitungan penentuan kadar aspal rencana yang mengacu pada gradasi agregat yang digunakan.

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + \\
 &\quad 0,18(\%FF) + C \\
 &= 0,035(49\%) + 0,045(45\%) + \\
 &\quad 0,18(6\%) + 1 \\
 &= 5,82\%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai kadar aspal rencana adalah 5,82% atau sekitar 6% dari berat total campuran agregat. Kemudian ditentukan nilai variasi kadar aspal untuk menentukan kadar aspal optimum(KAO) adalah 5%;5,5%; 6%; 6,5% dan 7%..

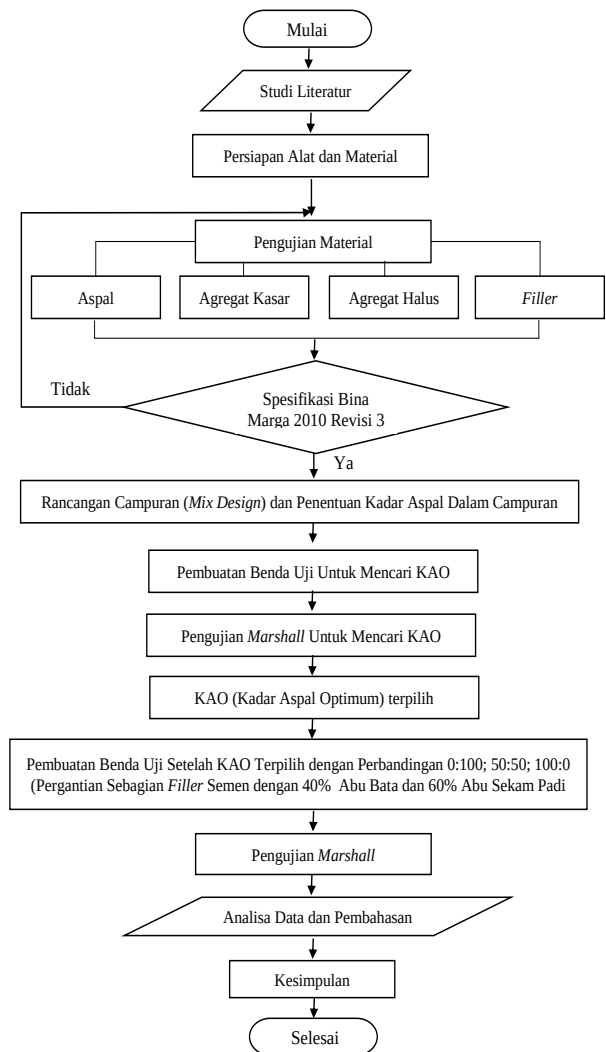
Jumlah benda uji yang dibutuhkan adalah sebanyak 54 buah dengan uraian pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Jumlah Benda Uji

Kadar Aspal (%)	Perbandingan Antara <i>Filler</i> Semen Portland dan <i>Filler</i> 40% Abu Bata + 60% Abu Sekam Padi			Jumlah Sampel (bh)
	0:100	50:50	100:0	
5	3	3	3	9
5,5	3	3	3	9
6	3	3	3	9
6,5	3	3	3	9
7	3	3	3	9
KAO	3	3	3	9
Total				54

C.5 Bagan Alir Penelitian

Langkah-langkah dalam pengerjaan penelitian ini dirangkum dalam bentuk bagan alir seperti Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun

Sebelum digunakan sebagai bahan campuran Laston, semua material Laston harus diuji karakteristiknya terlebih dahulu. Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah material yang digunakan layak untuk bahan campuran Laston dan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3.

a. Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60/70 merek Esso. Hasil pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa aspal yang digunakan telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3.

b. Hasil Pengujian Agregat

Agregat yang diuji dalam penelitian ini adalah agregat kasar lolos saringan 3/4” sampai tertahan saringan no. 4, agregat sedang lolos saringan no. 4 sampai tertahan saringan no. 200 dan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 200. Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Secara umum hasil pengujian agregat telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan dan dapat digunakan sebagai bahan campuran beraspal Laston.

c. Hasil Pengujian Filler

Filler yang digunakan pada penelitian ini adalah Semen *Portland*, Abu Bata dan Abu Sekam Padi. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.

Hasil pengujian pada Tabel 6 menunjukkan bahwa abu bata dan abu sekam padi layak digunakan sebagai *filler* pengganti pada campuran aspal AC-WC.

Untuk hasil pengujian berat jenis, abu sekam padi memiliki nilai berat jenis yang paling rendah di antara semen dan abu bata, hal ini menunjukkan pada jumlah berat yang sama abu sekam padi memiliki volume yang lebih besar.

d. Hasil Pencampuran Fraksi Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gradasi atau distribusi ukuran butiran agregat. Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa gradasi yang digunakan berada di antara batas atas dan batas bawah yang telah ditentukan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 sehingga layak untuk digunakan sebagai bahan campuran AC-WC.

Tabel 3. Hasil Pengujian Aspal PEN 60/70

Sifat-sifat Material Yang Diuji	Standar Uji	Satuan	Hasil Uji	Spesifikasi	
				Min	Maks
Penetrasi, 25 °C, 100 gram, 5 detik	SNI-06-2456-1991	Dmm	62,20	60	70
Penetrasi, (Setelah <i>TFOT</i>)	SNI-06-2456-1991	%	96,30	54	
Titik Lembek (<i>Softening Point</i>)	SNI 2434:2011	°C	55,30	48	
Titik Nyala degan <i>Cleveland Open Cup</i>	SNI 2433:2011	°C	285	232	
Daktilitas, 25 °C, 5 cm/menit	SNI 2432:2011	Cm	124,0	100	
Daktilitas, (Setelah <i>TFOT</i>)	SNI 2432:2011	Cm	107,5	100	
Berat Jenis	SNI 2441:2011		1,063	1,0	
Kehilangan Berat (<i>TFOT</i>)	SNI-06-2441-1991	% berat	0,098		0,8
Viskositas					
Suhu pemadatan ideal (viscositas = 280 cSt)		°C	141,5		
Suhu pemadatan Min 250°C	AASHTO T 72-90	°C	143,5	135	155
Suhu pemadatan Max 310°C		°C	140,0		
Suhu pencampuran ideal (viscositas = 170 cSt)		°C	149,5	149	160
Suhu pencampuran Min 150°C	AASHTO T 54-61	°C	151,5		
Suhu pencampuran Max 190°C		°C	147,5		
Viskositas Kinematis 135°C	SNI 06-6441-2000	°C	415,0	300	

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian			Standar	Hasil Pengujian	Spesifikasi	
					Min	Maks
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (%)		natrium sulfat	SNI 3407:2008	5,60		12
		magnesium sulfat		-		18
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	Campuran AC	100 putaran	SNI 2417:2008	-		6
	Modifikasi	500 putaran		-		30
	Semua jenis AC	100 putaran		-		8
	bergradasi lainnya	500 putaran		22,88		40
Kelekatan agregat terhadap aspal (%)			SNI 2439:2011	96,11	95	
Butir pecah pada agregat kasar (%)			SNI 7619:2012	91,81	95/90	
Partikel pipih dan lonjong (%)			ASTM D4791 Perbandingan 1: 5	8,36		10
Material lolos ayakan no. 200			SNI 03-4142-1996	0,66		2

Tabel 5. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian	Spesifikasi	
			Min	Maks
Nilai setara pasir (%)	SNI 03-4428-1997	71,65	60	
Angularitas dengan uji kadar rongga (%)	SNI 03-6877-2002	45,78	45	
Gumpalan lempung dan butir - butir mudah pecah dalam agregat (%)	SNI 03-4141-1996	0,691		1
Material lolos ayakan no. 200	ASTM C117:2012	9,28		10

Tabel 6. Hasil Pengujian Karakteristik *Filler*

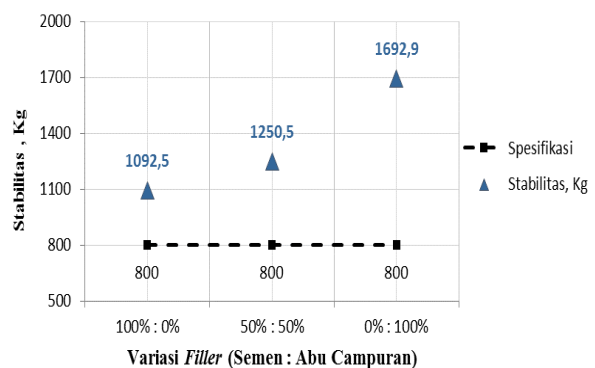
Jenis Pemeriksaan	Standar	Syarat (%)	Hasil (%)		
			Semen	Abu Sekam Padi	Abu Bata
Lolos saringan no. 200	SNI ASTM C136:2012	75	80,66	85,72	79,54
Berat jenis	SNI 15-2531-1991	-	2,959	2,169	2,662

D.2 Pengujian Marshall Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO)

Setelah diperoleh nilai KAO dari masing-masing campuran, selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji pada ketiga komposisi *filler* untuk mendapatkan karakteristik *Marshall*.

a. Stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan suatu campuran untuk menahan deformasi yang diakibatkan oleh suatu beban. Untuk hasil pengujian stabilitas dapat dilihat pada Gambar 3.

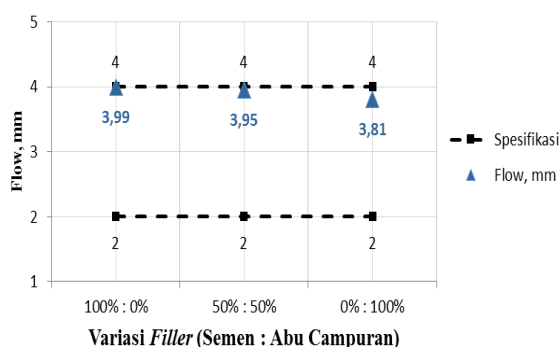
Gambar 3. Grafik Hubungan Stabilitas dengan Variasi *Filler*

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa stabilitas paling rendah dihasilkan oleh komposisi *filler* 100:0 yaitu sebesar 1092,5 kg. Pada komposisi *filler* 50:50 terjadi kenaikan sebesar 14,46% dari komposisi *filler* 100:0 menjadi 1250,5 kg. Benda uji paling kaku dihasilkan oleh stabilitas tertinggi yaitu benda uji komposisi *filler* 0:100 dengan kenaikan yang cukup tinggi yaitu 54,95% terhadap komposisi *filler* 100:0 menjadi 1692,9 kg.

Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya komposisi *filler* pengganti yakni 40% abu bata dan 60% abu sekam padi maka semakin bertambah nilai stabilitas yang dihasilkan sehingga dapat disimpulkan bahwa *filler* pengganti yaitu 40% abu bata dan 60% abu sekam padi menghasilkan nilai stabilitas yang lebih baik dari pada *filler* semen.

b. Kelelahan (*flow*)

Nilai *flow* menunjukkan tingkat kekakuan suatu perkerasan, nilai yang kecil cenderung menghasilkan perkerasan yang kaku dan getas. Hal ini akan mengakibatkan perkerasan akan mudah retak. Sebaliknya nilai *flow* yang tinggi akan membuat perkerasan bersifat plastis, hal ini akan mengakibatkan perkerasan akan mudah berubah bentuk apabila dibebani (Putra, 2017). Hasil pengujian *flow* dapat dilihat pada Gambar 4.



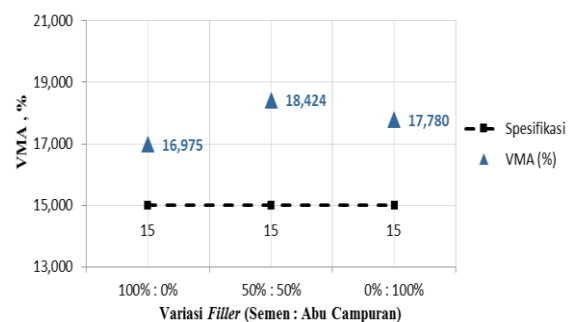
Gambar 4. Grafik Hubungan *Flow* dengan Variasi *Filler*

Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *flow* mengalami penurunan yang tidak

terlalu jauh. Nilai *flow* paling tinggi terdapat pada komposisi *filler* 100:0 sebesar 3,99 mm, pada komposisi *filler* 50:50 nilai *flow* mengalami penurunan sebesar 1% terhadap komposisi *filler* 100:0 menjadi 3,95 mm dan nilai *flow* paling rendah terdapat pada komposisi *filler* 0:100 yaitu mengalami penurunan sebesar 4,72% terhadap komposisi *filler* 100:0 menjadi 3,81 mm. Meskipun nilai penurunan tidak begitu besar namun dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya komposisi *filler* pengganti, maka benda uji semakin bersifat kaku dan getas.

c. Voids of Material Aggregate (VMA)

Nilai VMA menunjukkan ruang yang tersedia dalam campuran untuk menampung volume efektif aspal kecuali yang diserap agregat. Hasil pengujian VMA dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan VMA dengan Variasi *Filler*

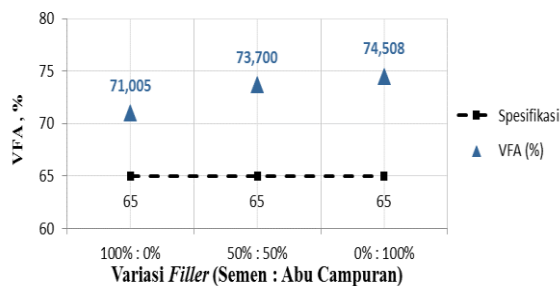
Dari Gambar 5. dapat dilihat bahwa nilai VMA paling rendah terdapat pada pada komposisi *filler* 100:0 sebesar 16,975%. Pada komposisi *filler* 50:50 terjadi peningkatan sebesar 8,54% terhadap komposisi *filler* 100:0 menjadi 18,424% yang merupakan nilai VMA tertinggi. Lalu pada komposisi *filler* 0:100 terjadi kenaikan sebesar 4,74% terhadap komposisi *filler* 100:0 menjadi 17,780%.

Kenaikan nilai VMA pada benda uji dengan komposisi *filler* 50:50 dipengaruhi oleh nilai kadar aspal yang lebih besar jika dibandingkan dengan benda uji pada

komposisi *filler* lainnya sehingga selimut aspal lebih tebal dan mengakibatkan naiknya nilai *VMA*. Dapat pula diakibatkan oleh kualitas pemadatan yang kurang baik sehingga menghasilkan benda uji dengan rongga yang cukup besar namun masih memenuhi spesifikasi (Esentia, 2014).

d. Volume of Voids Filled with Asphalt (VFA)

VFA merupakan persentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Dapat dikatakan *VFA* merupakan persentase volume aspal yang menyelimuti agregat atau disebut juga rongga terisi aspal. Hasil pengujian *VFA* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan *VFA* dengan Variasi *Filler*

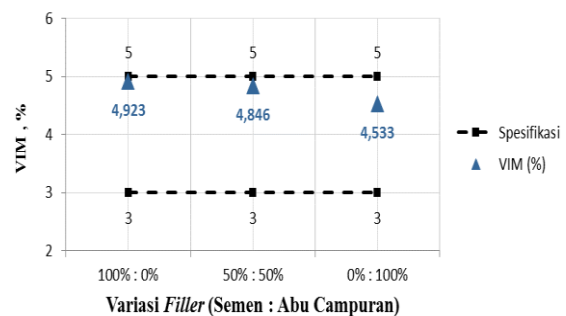
Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai *VFA* mengalami kenaikan yang tidak terlalu jauh, nilai *VFA* paling rendah terdapat pada komposisi *filler* 100:0 sebesar 71,005%, pada komposisi *filler* 50:50 nilai *VFA* mengalami kenaikan sebesar 3,79% terhadap komposisi *filler* 100:0 menjadi 73,700% dan nilai *VFA* paling tinggi terdapat pada komposisi *filler* 0:100 yaitu mengalami kenaikan sebesar 4,93% terhadap komposisi *filler* 100:0 menjadi 74,508%.

Pada campuran komposisi *filler* 100:0 kadar aspal yang ditambahkan paling kecil yaitu 5,85%. Hal ini mengakibatkan persentase rongga terisi aspal pada campuran menjadi sedikit dan menyebabkan rendahnya nilai *VFA*. Jika ditinjau dari komposisi *filler*, penurunan terjadi pada komposisi *filler* 50:50

dibanding dengan komposisi *filler* 0:100 karena aspal yang terserap oleh *filler* semen mengakibatkan rongga terisi aspal (*VFA*) pada campuran menjadi kecil.

e. Voids in Mixture (VIM)

VIM adalah rongga yang terdapat dalam total campuran beraspal. *VIM* dibutuhkan untuk mengetahui persentase volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal dipadatkan. Hasil pengujian *VIM* dapat dilihat pada Gambar 7.

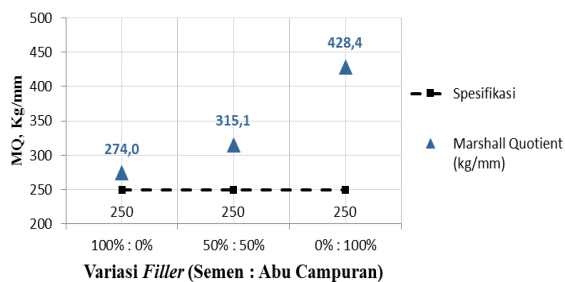


Gambar 7. Grafik Hubungan *VIM* dengan Variasi *Filler*

Dari Gambar 7. dapat dilihat bahwa pada komposisi *filler* 100:0 nilai *VIM* yang dihasilkan sebesar 4,923%. Nilai *VIM* mengalami penurunan pada komposisi *filler* 50:50 sebesar 1,58% terhadap komposisi *filler* 100:0 menjadi 4,846% dan nilai *VIM* paling rendah terdapat pada komposisi *filler* 0:100 yaitu turun 8,60% terhadap komposisi *filler* 100:0 menjadi 4,533%. Nilai *VIM* mengalami penurunan seiring dengan banyaknya persentase *filler* kombinasi abu bata dan abu sekam padi yang terdapat dalam campuran. Ditinjau dari berat jenis *filler*, abu bata dan abu sekam padi memiliki berat jenis yang lebih rendah dari semen *Portland* sehingga pada berat yang sama abu bata dan abu sekam padi memiliki kuantitas yang lebih banyak dari semen *Portland*. Hal ini dapat memperkecil nilai *VIM* karena dengan kuantitas *filler* yang lebih banyak mampu mengisi rongga-rongga dalam campuran sehingga campuran menjadi lebih padat.

f. *Marshall Quotient (MQ)*

Nilai *MQ* menunjukkan sifat kekakuan pada suatu perkerasan. Campuran dengan nilai *MQ* tinggi menunjukkan kecenderungan bersifat kaku dan kurang lentur. Sedangkan nilai *MQ* yang rendah menunjukkan perkerasan yang cenderung menjadi plastis dan lentur sehingga mudah mengalami perubahan bentuk apabila dibebani. Hubungan antara nilai *MQ* dengan variasi *filler* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hubungan *MQ* dengan Variasi *Filler*

Pada Gambar 8. dapat dilihat bahwa nilai *MQ* untuk setiap variasi *filler* lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan yaitu 250 kg/mm. Nilai *MQ* pada komposisi *filler* 100:0 mencapai 274 kg/mm. Pada komposisi *filler* 50:50 terjadi kenaikan sebesar 15% terhadap komposisi *filler* 100:0 menjadi 315 kg/mm. Nilai *MQ* tertinggi terdapat pada komposisi *filler* 0:100 yaitu meningkat sebesar 56,35% terhadap komposisi *filler* 100:0 menjadi 428,4 kg/mm. Kenaikan dan penurunan nilai *MQ* dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow* pada campuran. Stabilitas yang kecil dan *flow* yang besar menghasilkan campuran yang lembek dan mudah berubah bentuk jika terbebani beban.

D.3 Rekapitulasi Perubahan Nilai Karakteristik *Marshall*

Nilai karakteristik *Marshall* pada tiap variasi *filler* mengalami kenaikan dan penurunan yang dipengaruhi oleh penggantian *filler* semen dengan *filler* abu

bata dan abu sekam padi yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Perubahan Karakteristik *Marshall* dari *Filler* Semen ke Abu Campuran

Karakteristik <i>Marshall</i>	Variasi <i>Filler</i> Abu Campuran	
	50 : 50	0 : 100
Stabilitas	+ 14,46 %	+ 54,95 %
Kelelahan (<i>Flow</i>)	- 1 %	- 4,72 %
Rongga Dalam Mineral Agregat (<i>VMA</i>)	+ 8,54 %	+ 4,74 %
Rongga Terisi Aspal (<i>VFA</i>)	+ 3,79 %	+ 4,93 %
Rongga Dalam Campuran (<i>VIM</i>)	- 1,58 %	- 8,6 %
<i>Marshall Quotient</i>	+ 15 %	+ 56,35 %

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan pengaruh penggunaan kombinasi abu bata dan abu sekam padi sebagai pengganti *filler* semen terhadap nilai karakteristik *Marshall* pada campuran AC-WC dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pada variasi *filler* 50:50 mengalami kenaikan nilai stabilitas sebesar 14,46%, *VMA* sebesar 8,54%, *VFA* sebesar 3,79% dan *MQ* sebesar 15%. Namun pada variasi ini mengalami penurunan nilai *flow* sebesar 1% dan *VIM* sebesar 1,58% terhadap *filler* semen. Hal ini menunjukkan bahwa variasi *filler* 50:50 memiliki karakteristik perkerasan yang bersifat kuat namun tidak terlalu getas serta memiliki lebih banyak rongga sehingga kurang kedap terhadap air.
2. Pada variasi *filler* 0:100 mengalami kenaikan nilai stabilitas sebesar 54,95%, *VMA* sebesar 4,74%, *VFA* sebesar 4,93% dan *MQ* sebesar 56,35%. Namun pada variasi ini mengalami penurunan nilai *flow* sebesar 4,72% dan *VIM* sebesar 8,6% terhadap *filler* semen. Hal ini menunjukkan bahwa variasi *filler* 0:100 memiliki karakteristik

perkerasan yang bersifat kuat dan getas sehingga dapat memikul beban lalu lintas yang lebih berat tetapi berdampak pada permukaan jalan yang lebih mudah retak dan tidak tahan terhadap cuaca ekstrem. Serta memiliki tingkat kerapatan yang baik sehingga lebih kedap terhadap air.

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. Dapat dilakukan penelitian mengenai durabilitas, uji kuat tarik tak langsung (*indirect tensile strength*) dan pengujian lainnya pada penggantian *filler* abu bata dan abu sekam padi yang berkaitan dengan campuran beraspal.
2. Dapat dilakukan penelitian mengenai penggantian *filler* semen *Portland* dengan kombinasi abu bata dan abu sekam padi pada campuran perkerasan yang berbeda seperti Lataston dan Latastir.
3. Dapat dilakukan penelitian mengenai penggantian *filler* semen *Portland* dengan persentase abu bata dan abu sekam padi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, L. dan Arifin, M.Z. (2009). Campuran *Hot Rolled Sheet (HRS)* dengan Material Piropilit Sebagai *Filler* yang Tahan Hujan Asam. Jurnal Teknik Sipil. Vol. 3. Nomor 1.
- Bina Marga. (2010). Seksi 6.3 Spesifikasi Campuran Beraspal Panas pada Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Edisi 2010. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Esentia, A. (2014). Pengaruh Penggantian Sebagian Bahan pengisi Semen Dengan Kombinasi 40 % Serbuk Batu Bata Dan 60 % Abu Cangkrang Lokan Pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*. Universitas Bengkulu.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2006). *Concrete Microstructure Properties and Materials (third edit)*. United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Putra, N. G. (2017). Pemanfaatan Limbah *Oil Sludge* Untuk Campuran Beraspal Jenis Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton) Dengan Pengujian *Marshall*. Skripsi Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Riau. Pekanbaru.
- Raharja, S., As'ad, S., & Sunarmasto. (2013). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi. Universitas Sebelas Maret, 1(4), 503-510
- Suprasman & 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.
- Zemke, Nick., dan Woods, Emmet. (2009). *Rice Husk Ash*. California Polytecnic State University.