



Terbit online pada laman web jurnal : <http://jurnal.sttp-yds.ac.id>

SAINSTEK
(e-Journal)

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Transportasi

Analisa Kinerja Campuran AC-WC dengan Pemanfaatan Kombinasi Limbah Abu Bata dan Abu Serbuk Kayu Sebagai *Filler*

Yolanda Anggraini^a, Alfian Malik^b, Mardani Sebayang^c

^aJurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Tampan, Pekanbaru, 28292, Indonesia

^bJurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Tampan, Pekanbaru, 28292, Indonesia

^cJurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Tampan, Pekanbaru, 28292, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 27 Januari 2020

Revisi Akhir: 07 September 2020

Diterbitkan Online: 31 Desember 2020

KATA KUNCI

AC-WC

Bahan pengisi

Abu bata

Abu serbuk kayu

KORESPONDENSI

Telepon: +62 813-6552-4942

E-mail: yolanda.anggraini@student.unri.ac.id

A B S T R A C T

Perkerasan jalan yang umum digunakan di Indonesia adalah campuran Lapis Aspal Beton (Laston). Laston Lapis Aus atau *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) merupakan bagian yang terletak pada lapisan paling atas dalam perkerasan lentur jalan raya. Lapisan perkerasan ini merupakan kombinasi dari aspal, agregat kasar, agregat halus, dan (*filler*). *Filler* merupakan lapisan pengisi yang berfungsi untuk mengisi ataupun menutupi rongga udara pada perkerasan jalan. *Filler* yang pada umumnya digunakan ialah semen, abu batu, dan abu kapur. Pada penelitian ini dilakukan alternatif pengganti *filler* yaitu dengan memanfaatkan limbah abu bata dan abu serbuk kayu karena limbah tersebut mempunyai senyawa kimia yang hampir serupa dengan semen *Portland*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik lapisan AC-WC menggunakan kombinasi *filler* abu batu dan abu serbuk kayu. Proporsi abu bata dan abu serbuk kayu yang digunakan pada penelitian ini adalah 100% : 0 %, 97% : 3%, 94% : 6%. Spesifikasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Metode *Marshall*. Setelah mendapatkan kadar aspal yang optimum untuk masing-masing *filler* yang berbeda variasi, uji *Marshall* dilakukan untuk mendapatkan nilai stabilitas dan nilai kepadatan campuran. Hasil dari pengujian menggunakan alat *marshall* menunjukkan bahwa semua kombinasi memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018. Semakin meningkat komposisi abu serbuk kayu yang digunakan maka semakin meningkat pula stabilitas yang didapatkan, yaitu hasil stabilitas tertinggi pada kombinasi 94% abu bata dan 6% abu serbuk kayu senilai 1105,11 kg dengan kelelahan 3,82 mm.

1. PENDAHULUAN

Lapisan perkerasan jalan merupakan hal yang penting dalam menunjang kelancaran transportasi yang aman dan nyaman bagi pengguna jalan. Peningkatan pengguna jalan yang semakin tinggi menyebabkan perlunya peningkatan kualitas pembangunan prasarana transportasi jalan yang ekonomis serta sesuai dengan umur rencana. Oleh karena

itu, diperlukan inovasi dengan menggunakan alternatif bahan campuran perkerasan jalan yang berasal dari limbah industri dengan kualitas yang memenuhi standar.

Perkerasan jalan yang umum digunakan di Indonesia adalah campuran Lapis Aspal Beton (Laston). Laston Lapis Aus atau *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) merupakan bagian yang terletak pada lapisan paling atas dalam perkerasan lentur jalan raya. Lapisan

perkerasan ini merupakan kombinasi dari aspal, agregat kasar, agregat halus, dan (*filler*). *Filler* merupakan lapisan pengisi yang berfungsi untuk mengisi ataupun menutupi rongga udara pada perkerasan jalan. *Filler* yang pada umumnya digunakan ialah semen, abu batu, dan abu kapur. Namun, semen, abu batu dan abu kapur merupakan sumber alam yang tidak dapat diperbaharui. Pada penelitian ini digunakan abu bata dan abu serbuk kayu sebagai *filler* karena kedua bahan ini merupakan sumber alam yang dapat diperbaharui. Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai analisa kinerja campuran AC-WC dengan pemanfaatan kombinasi limbah abu bata dan abu serbuk kayu sebagai *filler*.

Tujuan dari penelitian ini adalah menguji dan menganalisa kinerja campuran AC-WC dengan pemanfaatan kombinasi limbah Abu Bata dan Abu Serbuk kayu dan untuk mengetahui komposisi terbaik campuran *filler* abu bata dan abu serbuk kayu pada campuran aspal AC-WC yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (2003), perkerasan jalan merupakan suatu lapisan yang terdiri dari campuran antara agregat dan bahan pengikat (*filler*). Lapisan perkerasan jalan ini terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi untuk menahan beban lalu lintas serta memberikan pelayanan kepada sarana transportasi darat dan diharapkan tidak terjadi kerusakan selama masa pelayanannya. Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar yang menopang beban lalu lintas (Hendarsin, 2000). Perkerasan jalan disusun oleh beberapa jenis lapisan, yaitu lapisan tanah dasar (sub grade), lapisan pondasi bawah (subbase course), lapisan pondasi atas (base course), dan lapisan permukaan surface course). Perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis agar memiliki kekuatan yang memadai dan juga dengan harga yang lebih ekonomis.

2.2. Lapis Aspal Beton (LASTON)

Menurut Sukirman (1999) lapis beton aspal (*Laston*) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Material agregatnya terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus dan *filler* yang bergradasi baik yang dicampur dengan *penetration grade* aspal. Laston dikenal pula

dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Tebal nominal minimum Laston adalah 4 - 6 cm, sesuai fungsinya

2.3. Abu Bata

Dalam SNI 15-2094-2000 disebutkan bahwa definisi batu bata merupakan bahan bangunan yang berbentuk prisma segi empat panjang. Batu Bata merupakan batu yang dibuat untuk keperluan konstruksi seperti pembuatan dinding dan tembok. Bahan dasar pembuatan batu bata merah ini bersifat plastis. Tanah liat sebagai bahan dasar pembuatan batu bata merah mengalami proses pembakaran dengan temperatur tinggi diatas 800°C hingga mengeras seperti batu. Menurut Lasmini & Arifin (2009), penggunaan silika dalam campuran beraspal dapat meningkatkan potensi stabilitas dan juga durabilitas pada suatu campuran beraspal. Komposisi kimia abu bata mempunyai keserupaan dengan senyawa semen yang tergolong sebagai pozzolan yaitu kandungan silika yang diharapkan dapat mengurangi kadar aspal dan meningkatkan stabilitas campuran. Komposisi kimia limbah abu bata dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Abu Bata

Senyawa	Limbah Abu Bata
SiO ₂	56,4%
Al ₂ O ₃	27,4%
Fe ₂ O ₃	7,2%
CaO	1,2%
MgO	1,4%

Sumber: (Lourenco *et al.* 1969)

Menurut hasil analisis yang dilakukan Bahri (2016) menunjukkan bata merah mengandung alumina (Al₂O₃) 34,09%, Silika dioksida (SiO₂) 42,55%. Senyawa kimia yang terkandung dalam batu bata memiliki kemiripan dengan senyawa kimia dalam kandungan semen yaitu alumina (Al₂O₃), Silika dioksida (SiO₂), kalsium oksida (CaO).

2.4. Abu Serbuk Kayu

Menurut Saiffudin (2010) serbuk kayu adalah sisa-sisa dari pengolahan kayu yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi untuk campuran aspal. Serbuk gergaji kayu mengandung komponen utama selulosa, hemiselulosa, lignin dan zat ekstraktif kayu. Serbuk gergaji kayu merupakan bahan berpori, sehingga air mudah terserap dan mengisi pori-pori tersebut. Sifat serbuk gergaji yang higroskopik atau mudah menyerap air. Berdasarkan penelitian kekuatan tarik kayu lebih tinggi dari pada kekuatan tekan yaitu 2 – 3 kali lebih besar.

Abu serbuk kayu merupakan hasil pembakaran dari limbah serbuk kayu. Hasil pembakaran dari limbah serbuk kayu ini memiliki kandungan silika (SiO₂) mencapai 85% (Otoko, 2014). Senyawa kimia abu serbuk kayu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Senyawa Kimia Abu Serbuk Kayu

Senyawa	Abu Serbuk Kayu
Fe ₂ O ₃	1,7 %
Al ₂ O ₃	2,7 %
SiO ₂	85 %
MgO	0,25 %
CaO	3,5 %
<i>Loss in ignition</i>	4,3 %

Sumber : (Otoko, 2014)

Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sabaruddin (2011) tentang Pemanfaatan Limbah Abu Serbuk Kayu sebagai material pengisi yaitu, campuran dengan abu serbuk kayu sebanyak 1 % mempunyai kadar aspal optimum terbesar, yaitu 6,63 %, sedangkan campuran-campuran yang menggunakan abu serbuk kayu 2 % dan 3 % mempunyai kadar aspal optimum yang sama, yaitu 6,0 %. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan abu serbuk kayu yang lebih banyak menghasilkan campuran yang penggunaan aspalnya lebih sedikit.

3. METODOLOGI

3.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi *filler* abu bata dan abu serbuk kayu sedangkan variabel terikatnya adalah aspal, agregat kasar dan halus, serta air. Dalam penelitian ini digunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 sebagai acuan untuk menentukan campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) dan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk standar pelaksanaan pengujian laston.

Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian material berupa aspal, agregat kasar dan halus serta *filler*. Data yang diperoleh dari pengujian agregat digunakan untuk rancangan campuran (*Mix Design*) dan penentuan kadar aspal optimum. Semua pengujian yang terdapat dalam metode penelitian dilakukan sendiri oleh penulis. Pelaksanaan penelitian seperti pembuatan benda uji dan perawatan benda uji dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Universitas Riau.

3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Aspal penetrasi 60/70 yang telah tersedia di Laboratorium Jalan Raya Universitas Riau
2. Agregat kasar dan agregat halus berasal dari PT. Virajaya Riauputra, Kabupaten Kampar
3. *Filler* yang dikombinasikan, yaitu :

- a. Batu bata, berasal dari limbah bangunan Perumahan Arengka Unigarden, Jalan Selamat, Air Hitam, Kota Pekanbaru. Tahapan pengolahan batu bata menjadi bahan pengisi adalah sebagai berikut:
 - Batu bata dijemur terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar air.
 - Setelah kering, batu bata dihancurkan dengan batu giling dan dihaluskan dengan *blender* lalu disaring dengan saringan no. 200.
- b. Abu serbuk kayu, limbah serbuk kayu yang digunakan merupakan serbuk kayu jati dan meranti yang berasal dari limbah olahan kayu yang terletak di Jalan Naga Sakti, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Tahapan pengolahan abu serbuk kayu menjadi bahan pengisi adalah sebagai berikut:
 - Serbuk kayu dibakar dan didinginkan
 - Abu serbuk kayu dihancurkan dengan alat bantu berupa *blender* lalu disaring dengan saringan no. 200
- c. Air bersih

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Alat untuk pengujian aspal
Peralatan yang digunakan untuk pengujian aspal adalah :
 - a. Alat uji penetrasi,
 - b. Alat uji titik lembek,
 - c. Alat uji titik nyala,
 - d. Alat uji berat jenis,
 - e. Alat uji kehilangan berat,
 - f. Alat uji viskositas,
 - g. Alat uji daktilitas.
2. Alat untuk pengujian agregat
Peralatan yang digunakan untuk pengujian agregat adalah:
 - a. Alat uji berat jenis agregat kasar dan halus,
 - b. Alat uji keausan agregat dengan mesin *los angeles*,
 - c. Alat uji kekekalan agregat terhadap larutan natrium sulfat atau magnesium sulfat,
 - d. Alat uji kepipihan dan kelonjongan,
 - e. Alat uji angularitas.
3. Satu set saringan dengan ukuran: 3/4" , 1/2" , 3/8" , no. 4, no. 8, no. 16, no. 30, no. 50, no. 100 dan no. 200,
4. Alat untuk membuat benda uji
Peralatan yang digunakan untuk pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:
 - a. Cetakan benda uji yang terbuat dari logam dengan ukuran diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm, lengkap dengan pelat alat dan leher sambungan,

- b. Mesin penumbuk otomatis dengan permukaan rata berbentuk lingkaran dengan berat 4,536 kg dengan tinggi jatuh bebas 45,7 cm,
- c. *Extruder* untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan.
- 5. Alat untuk pengujian *Marshall*
Peralatan yang digunakan untuk pengujian *Marshall* adalah:
 - a. *Marshall compression machine*,
 - b. Kepala penekan berbentuk lengkung,
 - c. *Proving ring* dengan kapasitas 2500 kg yang dilengkapi arloji (dial) tekan dengan ketelitian 0,0025 mm,
 - d. Arloji pembacaan kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm.
- 6. Oven dengan suhu mencapai 200°C ($\pm 1^\circ\text{C}$),
- 7. Bak perendaman (*water bath*) dilengkapi dengan pengatur suhu 10 – 60°C,
- 8. Termometer,
- 9. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram,
- 10. Perlengkapan lain:

3.3. Pengujian Bahan Penyusun Campuran Aspal

Pengujian yang dilakukan pada aspal adalah sebagai berikut :

1. Pengujian titik nyala dan titik bakar aspal (SNI 2433:2011).
2. Pengujian penetrasi aspal (SNI 06-2456-2011).
3. Pengujian titik lembek aspal (SNI 2434:2011).
4. Pengujian daktilitas aspal (SNI 2432:2011).
5. Pengujian kehilangan berat aspal (SNI 06-2440-1991).
6. Pengujian berat jenis aspal (SNI 2441:2011).
7. Pengujian viskositas aspal, mengacu pada (SNI 06-6441-2000)

Pengujian yang dilakukan pada agregat kasar adalah :

1. Pengujian analisa saringan (SNI 03-1968-1990).
2. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 03-1969-2016).
3. Pengujian sifat kekekalan agregat dengan cara perendaman menggunakan larutan *Natrium Sulfat* atau *Magnesium Sulfat* (SNI 3407:2008).
4. Pengujian ketahanan aus agregat kasar dengan mesin *los angeles* (SNI 2417:2008).
5. Pengujian kelekanan agregat terhadap aspal (SNI 2439:2011).
6. Pengujian penentuan persentase butir pecah pada agregat kasar (SNI 7619:2012).
7. Pengujian indeks kepipihan dan kelonjongan (ASTM D4791).

8. Pengujian material lolos saringan no. 200 (SNI ASTM C117:2012).

Pengujian yang dilakukan pada agregat halus adalah :

1. Pengujian analisa saringan (SNI 03-1968-1990).
2. Pengujian berat jenis dan peyerapan agregat halus (SNI 03-1970-2016).
3. Pengujian setara pasir (*sand equivalent*) (SNI 03-4428-1997).
4. Pengujian angularitas dengan kadar rongga (SNI 03-6877-2002).
5. Pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah (SNI 03-4141-1996).
6. Pengujian material lolos saringan no. 200 (SNI ASTM C117:2012).

Pengujian yang dilakukan pada *filler* adalah sebagai berikut :

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

3.4. Rancangan Campuran (Mix Design) Aspal Beton

Rancangan campuran atau proporsi masing-masing agregat yang digunakan harus memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Berdasarkan variasi kadar aspal, variasi kadar *filler* dan jenis pengujian yang akan dilakukan untuk mendapatkan KAO, maka jumlah benda uji yang dibutuhkan adalah sebanyak 45 sampel dengan uraian pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Komposisi dan Jumlah Pembuatan Benda Uji

Kadar Aspal (%)	Perbandingan Antara <i>Filler</i>			Jumlah Benda Uji (buah)
	Abu Bata dan <i>Filler</i> Abu	Abu	Serbuk kayu	
	100 : 0	97: 3	94 : 6	
(Pb-1)	3	3	3	9
(Pb-0,5)	3	3	3	9
Pb	3	3	3	9
(Pb+0,5)	3	3	3	9
(Pb+1)	3	3	3	9
KAO	3	3	3	9
Total				54

3.5. Metode Marshall

Penelitian ini direncanakan menggunakan Laston yaitu AC-WC sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Masing-masing variasi kadar *filler* dipersiapkan 3 buah benda uji.

3.5.1. Persiapan Benda Uji

Mempersiapkan agregat yang akan digunakan dengan cara membersihkan kemudian dikeringkan dalam *oven*

dengan suhu 110° C atau mencapai berat tetap. Kemudian memisahkan agregat berdasarkan fraksi yang dikehendaki. Untuk setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak 1200 gram. Persiapan lainnya juga dilakukan yaitu memanaskan aspal.

3.5.2. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan dengan cara mencampur agregat beserta aspal. Agregat dipanaskan pada suhu tertentu, kemudian aspal dimasukkan pada suhu pencampuran ideal. Agregat dan aspal diaduk sampai semua agregat terselimuti oleh aspal dan mencapai suhu pemanasan.

3.5.3. Pemanasan Benda Uji

Setelah campuran tercampur secara merata pada suhu tertentu, lalu campuran dipindahkan ke dalam cetakan yang telah dilapisi kertas pada bagian dasarnya agar campuran tidak lengket dengan wadah. Campuran dipadatkan dengan cara ditusuk-tusuk pada pinggir cetakan dan bagian tengah cetakan yang telah terisi campuran sebanyak 25 kali. Kemudian memadatkan campuran dengan diberi tumbukan sebanyak masing-masing jumlah tumbukan 75 kali pada sisi atas dan bawah.

3.5.4. Perawatan Benda Uji

Benda uji yang telah dipadatkan kemudian dikeluarkan dari cetakan dengan menggunakan *extruder* dan benda uji direndam selama 24 jam.

3.5.5. Pengujian Marshall Standar

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk menentukan nilai karakteristik campuran aspal yang dapat dilihat dari nilai stabilitas, kelelahan (*flow*) dan *Marshall Quotient (MQ)*. Sebelum melakukan pengujian *Marshall*, benda uji yang telah direndam selama 24 jam kemudian direndam dalam bak perendaman selama 30 menit dengan temperatur tetap $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Benda uji yang telah direndam dengan temperatur 60°C kemudian diuji dan diletakkan dalam bagian bawah alat penekan uji *Marshall*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Bahan Penyusun AC-BC

4.1.1. Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan merupakan aspal dengan penetrasi 60/70 yang diperoleh dari PT. Virajaya Riauputra, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Hasil pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

Sifat-sifat	Standar	Satuan	Hasil	Spesifikasi

Material yang Diuji	Uji		Uji		Min	Maks
Penetrasi, 25 °C, 100 gram, 5 detik	SNI 2456:1991	Dmm	69,70	60	70	
Penetrasi, (Setelah <i>TFOT</i>)	SNI 2456:1991	%	94,943	54		
Titik Lembek (<i>Softening Point</i>)	SNI 2434:2011	°C	57,85	48		
Titik Nyala dengan <i>Cleveland Open Cup</i>	SNI 2433:2011	°C	295	232		
Berat Jenis	SNI 2441:2011		1,023	1,0		
Kehilangan Berat (<i>TFOT</i>)	SNI-06-2440-1991	% berat	0,235		0,8	
Viskositas						
Suhu pemanasan ideal		°C	146			
Suhu pemanasan Min 250°C	AASHTO	°C	148	135	155	
Suhu pemanasan Max 310°C	T 72-90	°C	144			
Suhu pencampuran ideal (viskositas = 170 cSt)		°C	154	149	160	
Suhu pencampuran		°C	156			
Min 150°C	AASHTO					
Suhu pencampuran Max 190°C	T 54-61	°C	152			
Viskositas Kinematis 135°C	SNI 06-6441-2000	°C	510	300		

4.1.2. Hasil Pengujian Agregat

Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian	Spesifikasi
			Min Maks
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (%)	Na ₂ SO ₄ MgSO ₄ 3407:2008	- 1,138	12 18
Abrasi dengan mesin	Campuran AC Modifikasi	100 putaran 500 putaran	- 30
Los Angeles (%)	Semua jenis AC bergradasi lainnya	100 putaran 500 putaran	- 30,152
Kelekatian agregat terhadap aspal (%)	SNI 2439:2011	96,923	95
Butir pecah pada agregat kasar (%)	SNI 7619:2012	100	95/90
Partikel pipih dan lonjong (%)	ASTM D4791 Perbandingan 1: 5	6,617	10
Material lolos ayakan no. 200 (%)	SNI ASTM C117:2012	0,303	1

Tabel 6. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian	Spesifikasi		Bawah	Atas
			Min	Maks		
Nilai setara pasir (%)	SNI 03-4428-1997	74,091	50			
Angularitas dengan uji kadar rongga (%)	SNI 03-6877-2002	45,219	45			
Gumpalan lempung dan butir - butir mudah pecah dalam agregat (%)	SNI 03-4141-1996	0,089	1			
Material lolos ayakan no. 200 (%)	ASTM C117:2012	9,703	10			

4.1.3. Hasil Pengujian Filler

Filler yang digunakan pada penelitian ini adalah abu bata dan abu serbuk kayu. Pengujian *filler* dilakukan dengan dua cara yaitu pengujian saringan no. 200 dan pengujian berat jenis. Hasil pengujian *filler* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Karakteristik Filler

Jenis Pemeriksaan	Standar	Syarat (%)	Hasil (%)		Bawah	Atas
			Abu Serbuk Kayu	Abu Bata		
Lolos saringan no. 200	SNI ASTM C136:2012	75	100	100		
Berat jenis	SNI 15-2531-1991	-	1,815	2,308		

4.2. Proporsi Bahan Penyusun AC-WC

Dalam penelitian ini ada 4 proporsi bahan penyusun, yaitu proporsi fraksi agregat, perkiraan kadar aspal, proporsi agregat dan *filler* pada setiap kadar aspal, serta proporsi aspal

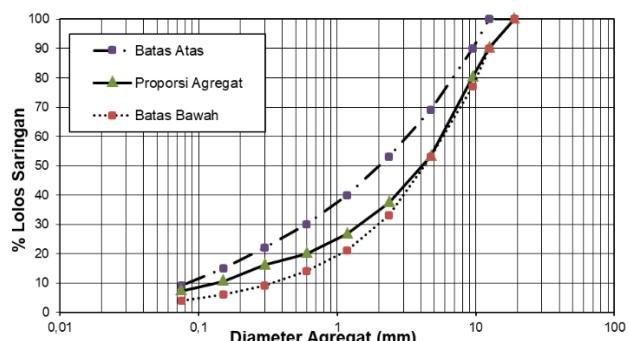
4.2.1. Proporsi Fraksi Agregat

Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas suatu perkerasan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gradasi atau distribusi ukuran butiran agregat. Proporsi masing-masing agregat yang digunakan harus memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Proporsi Agregat

Nomor Saringan	Gradasi Masing-fraksi			Spesifikasi	
	(Persentasi Lолос Saringan)	Lолос Saringan		Batas	Batas
mm	Inch	Fraksi	Fraksi	Jumlah	

19 3/4"	13,00	29,00	51,00	7,00	Bawah		Atas
					13%	29%	
12,5	1/2"	3,15	29,00	51,00	7,00	90,15	90
9,5	3/8"	0,35	22,00	51,00	7,00	80,35	77
4,75	No.4	0,07	0,09	46,06	7,00	53,21	53
2,36	No.8	0,06	0,07	30,20	7,00	37,33	33
1,18	No.16	0,06	0,06	19,57	7,00	26,69	21
0,6	No.30	0,05	0,06	12,90	7,00	20,00	14
0,3	No.50	0,05	0,05	9,01	7,00	16,11	9
0,15	No.100	0,02	0,03	3,53	7,00	10,59	6
0,075	No.200	0,00	0,00	0,25	7,00	7,26	4
							9



Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat AC-WC

4.2.2. Perkiraan Kadar Aspal Rencana

Perhitungan penentuan kadar aspal rencana yang mengacu pada gradasi agregat yang digunakan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\% \text{ Agregat Kasar} = 100\% - 37,33\% = 62,67\%$$

$$\% \text{ Agregat Halus} = 37,33\% - 7,26\% = 30,07\%$$

$$\% \text{ Filler} = 7,26\%$$

$$Pb = 0,035 \times (\%CA) + 0,045 \times (\%FA) + 0,18 \times (Filler) + C \quad (1)$$

$$Pb = 0,035 \times (62,67\%) + 0,045 \times (30,07\%) + 0,18 \times (7,26\%) + 1$$

$$Pb = 5,35\%$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai kadar aspal rencana adalah 5,35% atau 5,5% dari berat total campuran agregat. Kemudian ditentukan nilai variasi kadar aspal untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO), yaitu dimulai dari 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; dan 6,5%. Tabel 9 menunjukkan berat aspal yang digunakan pada masing-masing variasi kadar aspal.

Tabel 9. Kadar Aspal untuk Benda Uji

Kadar Aspal (%)	4,5	5	5,5	6	6,5
Berat dalam 1 Benda Uji (gr)	54	60	66	72	78

4.3. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran AC-WC

Hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk komposisi *filler* yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* untuk Mencari KAO

Sifat - Sifat Material Yang Diuji (Nilai Rata - Rata)	Kadar Aspal (%)	Hasil Pengujian Campuran Aspal			Spesifikasi Variasi Filler
		100 : 0	97 : 3	94 : 6	
% Rongga Dalam Mineral Agregat (VMA), %	4,5	16,29	17,29	16,78	
	5,0	16,45	17,77	16,87	
	5,5	16,94	17,45	16,98	14
	6,0	18,14	17,61	17,22	
	6,5	18,17	18,11	18,01	
	4,5	7,16	8,28	7,71	
% Rongga Dalam Campuran (VIM), %	5,0	6,18	7,67	6,67	
	5,5	5,57	6,16	5,63	3
	6,0	5,79	5,19	4,75	5
	6,5	4,65	4,60	4,49	
	4,5	56,10	52,33	54,23	
% Rongga Terisi Aspal (VFA), %	5,0	62,50	56,84	60,54	
	5,5	67,20	64,72	66,87	65
	6,0	68,10	70,52	72,47	
	6,5	74,40	74,76	75,10	
	4,5	356,24	458,89	465,10	
Marshall Quotient, Kg/mm	5,0	385,69	446,89	421,73	
	5,5	300,31	408,74	435,34	250
	6,0	263,00	286,33	333,20	
	6,5	264,24	261,01	270,95	
	4,5	1.200,45	1.218,73	1.283,47	
Stabilitas (Dengan Kalibrasi Alat), Kg	5,0	1.304,46	1.238,78	1.201,81	
	5,5	1.126,24	1.424,72	1.516,82	800
	6,0	1.018,57	1.079,11	1.265,46	
	6,5	1.055,27	1.020,60	1.070,44	
	4,5	3,40	2,70	2,80	
Keleahan (Flow), mm	5,0	3,40	2,87	2,87	
	5,5	3,80	3,53	3,50	2
	6,0	3,90	3,87	3,80	4
	6,5	4,00	3,93	3,97	

Data dari Tabel 11 kemudian diplot ke dalam grafik untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO) yang dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Kadar Aspal Optimum

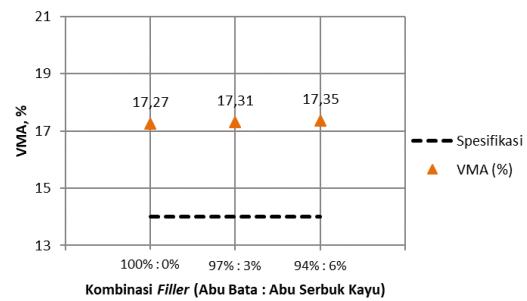
Kombinasi <i>filler</i> abu serbuk kayu dan abu bata	100 : 0	97: 3	94 : 6
KAO	6,43%	6,35%	6,21%

4.4. 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*, yaitu 100% abu bata dan 0% abu serbuk kayu, 97% abu bata dan 3% abu serbuk kayu, serta 94% abu bata dan 6% abu serbuk kayu. Kemudian benda uji tersebut diuji nilai karakteristiknya yang meliputi *VMA*, *VIM*, *VFA*, stabilitas, *flow* dan *MQ*.

4.4.1. Voids of Material Aggregate (VMA)

Nilai *VMA* menyatakan rongga di antara partikel agregat dalam suatu campuran yang sudah dipadatkan, termasuk rongga yang berisi aspal yang dinyatakan dengan persen dari volume total campuran. Nilai *VMA* dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal, jumlah tumbukan dan suhu pemanasan. Hasil pengujian *VMA* dapat dilihat pada Gambar 2.



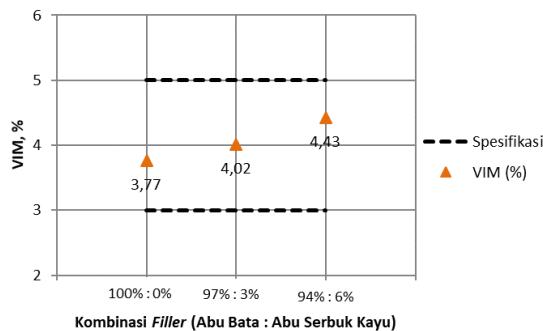
Gambar 2. Grafik Hubungan *VMA* dengan Kombinasi *Filler*

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa nilai *VMA* untuk semua variasi *filler* berada di atas dan memenuhi nilai yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu 14%. Nilai *VMA* paling rendah yaitu 12,27% pada variasi *filler* 100% : 0%. Terjadi peningkatan sebesar 0,25% pada komposisi *filler* 97% : 3% terhadap variasi *filler* 100% : 0% menjadi 17,31%. Sedangkan pada variasi *filler* 94% : 6% terjadi kenaikan sebesar 0,48% terhadap komposisi *filler* 100% : 0% menjadi 17,35%. Faktor yang mempengaruhi kenaikan nilai *VMA* pada komposisi *filler* 97% : 3% dan 94% : 6% ialah variasi kadar aspal yang lebih kecil dibandingkan dengan komposisi *filler* 100% : 0%. Selain itu, dapat diakibatkan oleh kualitas pemanasan yang kurang baik sehingga menghasilkan benda uji yang mempunyai rongga cukup besar namun masih memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

4.4.2. Voids in Mixture (VIM)

VIM adalah rongga yang terdapat dalam total campuran beraspal setelah proses pemanasan. Nilai *VIM* dibutuhkan untuk mengetahui persentase volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal tersebut dipadatkan. Nilai

VIM yang besar menunjukkan bahwa rongga pada suatu benda uji besar dan kurangnya kekédapan suatu benda uji terhadap air. Hasil pengujian *VIM* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan *VIM* dengan Kombinasi *Filler*

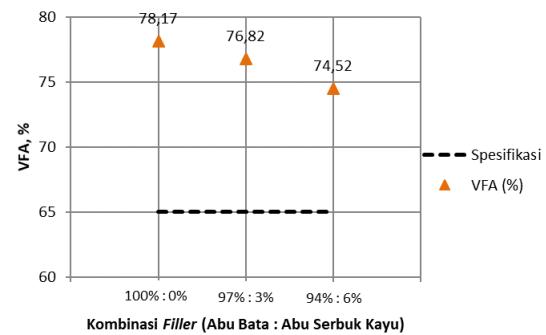
Dari Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa nilai *VIM* pada masing-masing kombinasi penggantian *filler* berada di atas dan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yang disyaratkan yaitu sebesar 3-5%. Pada komposisi *filler* 100% : 0% nilai *VIM* yang dihasilkan sebesar 3,77. Nilai *VIM* mengalami kenaikan pada komposisi *filler* 97% : 3% sebesar 6,58% terhadap komposisi *filler* 100% : 0% dengan nilai 4,02. Nilai *VIM* tertinggi terdapat pada komposisi *filler* 94% : 6% yaitu 4,43 dengan kenaikan sebesar 17,49% terhadap komposisi *filler* 100% : 0%. Nilai *VIM* mengalami kenaikan seiring dengan banyaknya persentase *filler* abu serbuk kayu yang digunakan dalam campuran.

Jika ditinjau dari kadar aspal yang digunakan, semakin bertambahnya kadar aspal maka nilai *VIM* pada suatu campuran semakin menurun. Hal ini dikarenakan kadar aspal yang tinggi dapat lebih banyak mengisi rongga-rongga pada campuran sehingga pori yang dihasilkan semakin kecil. Nilai *VIM* yang rendah mampu meningkatkan keawetan pada campuran beraspal. Namun jika nilai *VIM* terlalu rendah atau di bawah batas spesifikasi, dapat menyebabkan terjadinya *bleeding* yaitu keluarnya aspal dari campuran akibat beban yang diterima perkerasan.

4.4.3. Voids Filled with Asphalt (VFA)

VFA merupakan persentase volume aspal yang menyelimuti agregat setelah mengalami proses pemadatan. Sehingga, dapat dikatakan *VFA* merupakan persentase rongga yang terisi aspal pada campuran. Semakin besar nilai *VFA* menandakan semakin banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga campuran menjadi lebih kedap terhadap air dan udara. Nilai *VFA* yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya

menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama. Hasil pengujian *VFA* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hubungan *VFA* dengan Kombinasi *Filler*

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai *VFA* pada kombinasi penggantian *filler* berada di atas spesifikasi yang disyaratkan yaitu 65%. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai *VFA* mengalami penurunan, nilai *VFA* paling tinggi terdapat pada komposisi *filler* 100% : 0% yaitu sebesar 78,17%. Pada kombinasi *filler* 97% : 3% nilai *VFA* mengalami penurunan sebesar 1,73% terhadap kombinasi *filler* 100% : 0% menjadi 76,82% dan nilai *VFA* yang paling rendah terdapat pada kombinasi *filler* 94% : 6% mengalami penurunan sebesar 4,68% terhadap komposisi *filler* 100% : 0% menjadi 74,52%.

Pada campuran kombinasi *filler* 100% : 0% kadar aspal yang ditambahkan paling besar yaitu 6,43%. Hal ini mengakibatkan banyaknya persentase rongga yang terisi oleh aspal sehingga nilai *VFA* pada kombinasi *filler* 100% : 0% lebih besar dibandingkan dengan kombinasi *filler* lainnya.

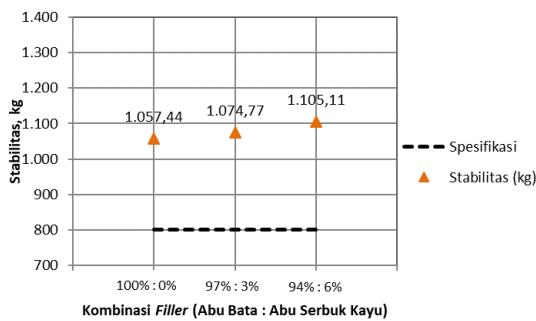
Apabila ditinjau dari komposisi *filler*, terjadi penurunan pada komposisi *filler* 97% : 3% dan 94% : 6% dibanding dengan komposisi *filler* 100% : 0% karena aspal yang terserap oleh *filler* abu serbuk kayu mengakibatkan rongga terisi aspal (*VFA*) pada campuran menjadi kecil. Pada kombinasi 100% : 0% nilai *VFA* lebih besar dari nilai *VFA* pada kombinasi lainnya, hal ini disebabkan oleh karakteristik abu bata yang tidak menyerap aspal.

Pada saat dilakukan pengamatan secara visual, terlihat bahwa *filler* kombinasi abu bata dan abu serbuk kayu lebih mudah menyerap aspal yang ditandai dengan campuran yang lebih mudah tercampur dibandingkan dengan *filler* 100% abu bata. Karena reaksi *filler* tersebut mengakibatkan lebih sedikit rongga yang dapat terisi oleh aspal.

4.4.4. Stabilitas

Stabilitas dibutuhkan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan perkerasan untuk menahan beban lalu lintas tanpa menimbulkan perubahan yang tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan suatu campuran untuk dapat

menahan suatu deformasi yang diakibatkan oleh suatu beban. Untuk hasil pengujian stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kombinasi Filler

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada masing-masing kombinasi *filler* berada di atas spesifikasi dan memenuhi yang disyaratkan yaitu 800 kg. Stabilitas pada kombinasi *filler* 100% : 0% menunjukkan hasil paling rendah yaitu sebesar 1.057,44 kg. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi *filler* 100% : 0% menghasilkan benda uji yang lebih lembek namun masih berada di atas spesifikasi.

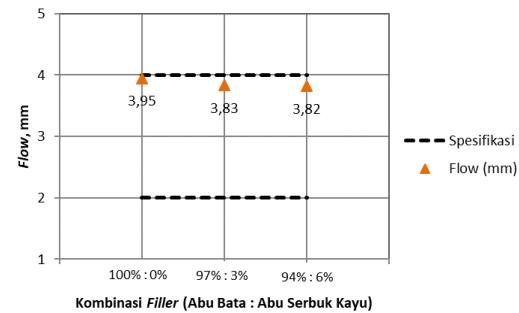
Dari Tabel 4.13 diatas dapat dilihat pada komposisi *filler* 97% : 3% mengalami kenaikan sebesar 1,64% terhadap kombinasi *filler* 100:0 menjadi 1.074,77 kg. Benda uji dengan stabilitas tertinggi dihasilkan oleh benda uji dengan kombinasi *filler* 94% : 6% dengan kenaikan yang cukup tinggi yaitu 4,51% terhadap kombinasi *filler* 100% : 0% menjadi 1.105,11 kg.

Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya komposisi *filler* abu serbuk kayu maka semakin bertambah nilai stabilitas yang dihasilkan. Dapat disimpulkan bahwa *filler* pengganti yaitu 94% abu bata dan 6% abu serbuk kayu menghasilkan nilai stabilitas yang lebih baik dari pada *filler* 100% abu bata dan 0% abu serbuk kayu. Peningkatan nilai stabilitas disebabkan oleh peningkatan komposisi serbuk kayu yang digunakan karena semakin banyak pula kandungan silika pada campuran yang dapat mengikat dan merekatkan antar agregat. Nilai stabilitas yang tinggi akan mengakibatkan konstruksi perkerasan jalan yang semakin kuat dan getas. Sehingga dapat memikul beban lalu lintas yang lebih berat akan tetapi dapat mengakibatkan permukaan jalan yang lebih mudah retak karena terlalu kaku.

4.4.5. Kelelahan (Flow)

Flow merupakan besarnya deformasi vertikal yang diukur pada saat awal pembebangan hingga pembebangan maksimum. Pengukuran *flow* bersamaan dengan pengukuran nilai stabilitas *Marshall*. Hal ini akan mengakibatkan perkerasan lebih mudah retak. Sedangkan nilai *flow* yang tinggi akan membuat perkerasan bersifat plastis, hal ini akan mengakibatkan perkerasan akan

mudah berubah bentuk apabila diberi beban. Hasil pengujian *flow* dapat dilihat pada Gambar 6.



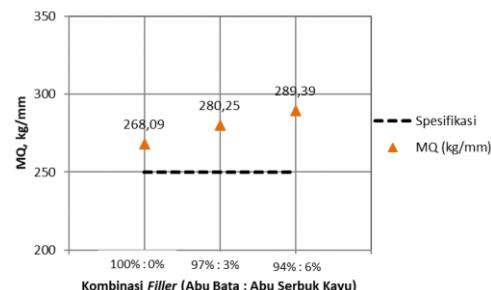
Gambar 6. Grafik Hubungan *Flow* dengan Kombinasi Filler

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai *flow* pada setiap kombinasi *filler* telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu antara 2 mm sampai 4 mm. Nilai *flow* tertinggi terdapat pada kombinasi *filler* 100% : 0% yaitu sebesar 3,95 mm. Namun, pada kombinasi *filler* 97% : 3% nilai *flow* mengalami penurunan sebesar 2,95% terhadap kombinasi *filler* 100% : 0% menjadi 3,83 mm. Nilai *flow* paling rendah terdapat pada kombinasi *filler* 94% : 6% yaitu sebesar 3,82 mm dan mengalami penurunan sebesar 3,38% terhadap kombinasi *filler* 100% : 0%.

Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal optimum yang digunakan. Pada penelitian ini, nilai *flow* pada kombinasi *filler* 100% : 0% dengan kadar aspal optimum 6,43% sebesar 3,95 mm, kombinasi *filler* 97% : 3% dengan kadar aspal optimum 6,35% dengan nilai *flow* 3,83 mm, kombinasi *filler* 94% : 6% dengan kadar aspal optimum 6,21% dengan nilai *flow* 6,21 mm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kadar aspal akan mengakibatkan nilai *flow* suatu campuran semakin meningkat.

4.4.6. Marshall Quotient

Nilai *MQ* menunjukkan sifat kekakuan pada suatu perkerasan. Campuran dengan nilai *MQ* tinggi menunjukkan kecenderungan bersifat kaku dan kurang lentur. Hubungan antara nilai *MQ* dengan variasi *filler* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hubungan *MQ* dengan Kombinasi Filler

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai MQ untuk setiap kombinasi *filler* telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu 250 kg/mm. Nilai MQ pada komposisi *filler* 100% : 0% sebesar 268,09 kg/mm. Pada kombinasi *filler* 97% : 3% terjadi kenaikan nilai MQ sebesar 4,54% terhadap kombinasi *filler* 100% : 0% menjadi 280,25 kg/mm. Nilai MQ paling tinggi terdapat pada kombinasi *filler* 94% : 6% yaitu meningkat sebesar 7,95% terhadap komposisi *filler* 100% : 0% sebesar 289,39 kg/mm.

Kenaikan dan penurunan nilai MQ dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan *flow* pada campuran. Stabilitas yang kecil dan *flow* yang besar menghasilkan campuran yang lebih lembek dan mudah mengalami deformasi jika diberi pembebasan. Sebaliknya, nilai stabilitas yang besar dan *flow* yang kecil menghasilkan campuran yang lebih getas.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan penggunaan kombinasi abu bata dan abu serbuk kayu sebagai *filler* terhadap nilai karakteristik *Marshall* campuran *AC-WC* pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa:

1. Semua hasil pengujian *marshall* pada setiap kombinasi *filler* telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Hasil pengujian *marshall* pada kombinasi *filler* 100% : 0% yaitu stabilitas sebesar 1.057,44 kg, *flow* sebesar 3,95 mm, *VMA* sebesar 17,27%, *VFA* sebesar 78,17%, *VIM* sebesar 3,77% dan MQ sebesar 268,09 kg/mm. Hasil pengujian *marshall* pada kombinasi *filler* 97% : 3% yaitu stabilitas sebesar 1.074,77 kg, *flow* sebesar 3,83 mm, *VMA* sebesar 17,31%, *VFA* sebesar 76,82%, *VIM* sebesar 4,02 % dan MQ sebesar 280,25 kg/mm. Hasil pengujian *marshall* pada kombinasi *filler* 94% : 6% yaitu stabilitas sebesar 1.105,11 kg, *flow* sebesar 3,82 mm, *VMA* sebesar 17,35%, *VFA* sebesar 74,52%, *VIM* sebesar 4,43% dan MQ sebesar 289,39 kg/mm.
2. Kombinasi *filler* abu bata dan abu serbuk kayu terbaik pada penelitian adalah 94% : 6% dari berat total *filler*. Hal ini ditunjukkan berdasarkan nilai stabilitas pada komposisi tersebut memperoleh nilai stabilitas paling tinggi yaitu sebesar 1.105,11 kg dan nilai MQ sebesar 289,39 kg/mm. Nilai *flow* yang didapatkan juga paling rendah dari komposisi lainnya yaitu sebesar 3,82. Hal ini menunjukkan bahwa perkerasan ini memiliki sifat yang kaku. Namun, nilai *VFA* pada kombinasi ini mengalami penurunan sebesar 4,68% terhadap kombinasi *filler* 100% : 0%. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi 94% : 6% dapat memikul beban lalu lintas yang lebih berat karena mempunyai

perkerasan yang kuat dan getas. Komposisi *filler* ini cocok digunakan pada kondisi daerah dengan beban lalu lintas yang berat dan cuaca yang panas.

5.2. Saran

Dalam penyempurnaan hasil penelitian dan untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut maka disarankan untuk melakukan penelitian dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Penelitian mengenai penggantian *filler* semen dengan kombinasi abu bata dan abu serbuk kayu pada campuran perkerasan yang berbeda.
2. Penelitian mengenai penggantian *filler* semen dengan kombinasi abu bata dan abu serbuk kayu pada komposisi yang berbeda.
3. Penelitian mengenai durabilitas, pengujian pada sifat kimia bahan pengganti *filler* yang digunakan pada abu bata dan abu serbuk kayu yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ambarwati, Lasmini., & Arifin, M. Z. "Campuran Hot Rolled Sheet (HRS) dengan Material Piropilit Sebagai Filler yang Tahan Hujan Asam." *Jurnal Rekayasa Sipil*, Volume 3 No.1, 2009, Pages 17-28. <http://rekayasasipil.ub.ac.id/index.php/rs/article/view/136>
- [2] Lourenco, P. B., Fernandes *et. al.* "Handmade Clay Bricks : Chemical, Physical and Mechanical Properties." *International Journal Architectural Heritage*, Volume 4(1), January 2010, Pages 38-58. www.researchgate.net/publication/232880241_Hand_made_Clay_Bricks_Chemical_Physical_and_Mechanical_Properties
- [3] Otoko, G. R., & Honest, B. K. (2014). "Stabilization of Nigerian Deltaic Laterites with Saw Dust Ash." *International Journal of Scientific Research and Management*, Volume 2 Issue 8, August 2014, Pages 1287-1292. [https://www.researchgate.net/publication/266265661](http://www.researchgate.net/publication/266265661)
- [4] Pustran Balitbang PU. *SNI 03-1737-1989 Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya*. Jakarta: Pustran Balitbang PU, 1989.
- [5] Sabaruddin. "Pemanfaatan Limbah Abu Serbuk Kayu sebagai Material Pengisi Campuran Lataston Tipe B." *Jurnal Transportasi*, Volume 11 N0.2, 2011, Pages 112.
- [6] Saifuddin, M.I *et. al.* "Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton". B.Eng Thesis, Universitas Pasir Pengaraian, Riau, 2010.

[7] Sukirman. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*.

Jakarta: Granit.

[8] Sukirman. (November 1999). *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. (Edisi ke-3). [On-line]. Available:

[www.academia.edu/37821794/Dasar_Dasar_Perencanaan_Geometrik_Jalan_Silvia_Sukirman_\[May 2019\]](http://www.academia.edu/37821794/Dasar_Dasar_Perencanaan_Geometrik_Jalan_Silvia_Sukirman_[May%2019])

NOMENKLATUR

C = Koefisien untuk Laston = 0,5 - 1

CA = *Course Aggregate*, agregat dari saringan terbesar sampai dengan tertahan saringan no. 8

FA = *Fine Aggregate*, agregat yang lolos saringan no. 8 sampai dengan tertahan saringan no. 200

Pb = Kadar Aspal Rencana