



KARAKTERISTIK PENGGUNAAN ABU SERBUK KAYU SEBAGAI SUBSTITUSI *FILLER* PADA CAMPURAN LASTON LAPIS AUS

Cut Yuslinggan Cahya^{a,*}, Sofyan M. Saleh^b, Renni Anggraini^c

^a Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

^{b,c} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*Corresponding author, email address: icutecahya@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received 20 August 2018

Received in revised form 19 October 2018

Accepted 25 October 2018

Keywords:

Saw Dust, Asphalt Concrete –Wearing Course (AC- WC), asphalt pen. 60/70.

ABSTRACT

Most of the filler material is a natural product such as rock ashes that increasingly limited and possesses high economic value. The further innovations in filler substitute by using alternative materials are demanded such as waste saw dust to become economical and unlimited resources. This study aims to determine the effect of the use of sawdust and Portland cement as a filler over AC-WC aggregate mixture characteristics. Further, sawdust and the Portland cement includes as the substitution. The filler substitution sawdust and Portland cement respectively amounted to 75% ASK - 25% SP, 50% ASK - 50% SP, 25% ASK - 75% SP and 0% ASK - 100% SP. Moreover, the experiment produced Substitution of 6.1% KAO for 75% sawdust - 25% Portland cement, Substitution of 6% for 50% sawdust - 50% Portland cement, Substitution of 5.85% for 25% sawdust - 75 % Portland cement and Substitution of 5.31% for 0% sawdust - 100% Portland cement. The best resulted KAO found in 0% sawdust substitution and 100% portland cement with 5.31%. The high-grade stability value with 30 minutes of regular water immersion is 1300,38 kg within 0% ash of sawdust substitution and 100% of Portland cement. The lowest stability value with 30 minutes of regular water immersion is 1056.09 kg within 75% sawdust substitution and 25% of Portland cement. The sawdust and portland cement durability value accomplished the Bina Marga 2014 specification ($\geq 90\%$). The ANOVA test proved the addition of sawdust and portland cement in the asphalt mixture affects the stability value of the regular water immersion.

©2018 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu komponen lalu lintas yang sangat dibutuhkan dalam kegiatan masyarakat. Jalan dituntut agar selalu dalam kondisi yang baik sehingga lalu lintas yang melintas di atasnya dapat merasa aman dan nyaman. Namun seiring dengan semakin pesatnya pertumbuhan kendaraan kerusakan yang dialami jalan raya cenderung prematur, dalam artian jalan mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana, bahkan ada yang mengalami kerusakan tidak lama setelah jalan tersebut dibuka.

Di Indonesia ada dua metoda yang sering diterapkan pada perencanaan perkerasan jalan yaitu, metoda Aspal Beton (Asphalt Concrete) dan Hot Rolled Asphalt (HRA) (Marteano, 2003). Pada penelitian ini, metoda campuran aspal yang digunakan adalah metoda Aspal Beton (Asphalt Concrete)

khususnya pada lapis permukaan AC-WC (*Asphalt Concrete–Wearing Course*). Lapis beton aspal lapis Aus (AC-WC) merupakan suatu lapisan permukaan paling atas yang terdiri dari struktur perkerasan jalan raya yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan, mempunyai struktur yang lebih halus dan mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air untuk melindungi konstruksi dibawahnya. Bahan utama penyusun perkerasan jalan adalah agregat, aspal dan bahan pengisi (*filler*).

Sebagian besar material filler merupakan hasil alam seperti semen dan abu batu yang jumlahnya kian terbatas dan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Untuk itu perlu adanya inovasi dengan menggunakan alternatif bahan pengganti berupa limbah seperti abu serbuk kayu dalam upaya mendapatkan bahan pengganti yang lebih ekonomis dan jumlahnya dilapangan masih banyak. Penelitian yang dilakukan adalah penggunaan abu serbuk kayu sebagai substitusi *filler*. Selain menggunakan abu serbuk digunakan juga semen *Portland* sebagai substitusi. Penggunaan substitusi filler abu serbuk kayu dan semen Portland masing – masing sebesar 75% abu serbuk kayu - 25 % semen *Portland*, 50% abu serbuk kayu – 50% semen *Portland*, 25% abu serbuk kayu – 75% semen *Portland* dan 0% abu serbuk kayu – 100% semen *Portland*.

Pemilihan bahan tersebut karena harganya lebih murah dari bahan *filler* yang lain. Selain itu abu serbuk kayu ini adalah limbah dari tempat – tempat penggergajian kayu dan pengrajin meubel, juga material ini lolos dari saringan no. 200, sebagai syarat utama material *filler*. Serbuk kayu dihasilkan dari tempat – tempat penggergajian kayu, pengrajin meubel dan juga penggergajian kusen dan jendela yang terdapat di berbagai tempat, karena sebagian besar dari mereka hanya membuang bahan tersebut karena dianggap sebagai limbah yang sudah tidak memiliki kegunaan lagi.

2. KAJIAN PUSTAKA

Lapisan aspal beton merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas (*hotmix*). Menurut *Asphalt Institute* (1997), campuran aspal beton yang baik diharapkan mampu melayani dengan baik variasi pembebanan selama bertahun-tahun dan akibat pengaruh kondisi lingkungan, serta diharapkan dari campuran aspal beton memiliki sifat-sifat dasar campuran aspal meliputi *stability*, *durability*, *impermeability*, *workability*, *flexibility*, *fatigue resistance*, dan *skid resistance*. Beberapa sifat campuran aspal beton dapat ditentukan berdasarkan jenis campuran dan fungsinya, yaitu Laston Lapis Aus (*Asphalt Concrete- Wearing Course*), Laston Lapis Pengikat AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) dan Laston Lapis Pondasi AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm.

Lapis Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) merupakan suatu lapisan permukaan paling atas dari struktur perkerasan jalan raya yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan, mempunyai tekstur yang lebih halus dan mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air untuk melindungi konstruksi dibawahnya. Sebagai lapis permukaan, Lapis Aspal Beton harus dapat memberikan kenyamanan dan keamanan yang tinggi (Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, SKBI – 2.4.26.1987).

Bahan Campuran Beraspal

Bahan utama penyusun perkerasan jalan adalah agregat, aspal dan bahan pengisi (*filler*). Untuk menghasilkan perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Sukirman, 2003).

Abu Serbuk Kayu

Abu serbuk kayu merupakan hasil pembakaran dari limbah serbuk kayu. Hasil pembakaran abu serbuk kayu menunjukkan bahwa kandungan SiO₂ mencapai 85% (Otoka, 2014). Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari abu serbuk kayu sebagai *filler* diantaranya keberlimpahan abu serbuk kayu

memberikan prospek bagi pengadaan bahan *filler* yang relatif murah dibandingkan dengan bahan lain yang relatif mahal dan sulit didapat.

3. METODE PENELITIAN

Metode pengujian mengikuti prosedur pengujian marshall, AASHTO, Bina Marga dan metode lain yang digunakan adalah pengujian durabilitas modifikasi, mengingat tidak ada dalam ketiga metode tersebut. Tahapan penelitian diawali dengan pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dan aspal setelah disubsitusi Abu Serbuk Kayu sebagai *filler*, serta bahan yang digunakan Agregat kasar, Agregat halus, Aspal penetrasi 60/70 produksi PT. Pertamina. Perencanaan campuran laston lapis aus (AC-WC) dengan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 (2014) dengan menggunakan cara basah.

Perencanaan Campuran

Tabel 1 memperlihatkan rekapitulasi jumlah sampel benda uji berdasarkan substitusi penambahan Abu Serbuk Kayu dan semen *portland* sebagai *Filler*.

Tabel 1

Rekapitulasi jumlah sampel benda uji

Uraian	Jumlah
Benda uji untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO)	60 buah
Benda uji dengan variasi filler perendaman 30 menit	12 buah
Benda uji dengan variasi filler perendaman 24 jam	12 buah
Jumlah Total	84 buah

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat

Data hasil pemeriksaan laboratorium terhadap sifat-sifat fisis agregat batu pecah yang berasal dari mesin Stone Crusser milik PT. Ayu Lestari Indah yang berlokasi di Desa Indrapuri Kabupaten Aceh Besar Provinsi Aceh akan disajikan dalam bentuk tabel. Pemeriksaan sifat-sifat fisis ini meliputi pemeriksaan berat jenis, penyerapan, berat isi, keausan, kekerasan, indeks kepipihan dan indeks kelongkongan dan pemeriksaan tumbukan dan kelekatan agregat terhadap aspal.

Tabel 2

Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Agregat

Sifat-sifat fisis Agregat	Satuan	Hasil	Persyaratan
Berat Jenis;	-	1,023	>1
Penetrasi;	(0,1 mm)	70	60-70
Daktilitas;	Cm	>101,3	>100
Titik Lembek	°C	51,25	>48

4.2 Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal

Data hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal diperoleh setelah dilakukan pemeriksaan dari aspal penetrasi 60/70 sebagai material pada penelitian ini. Pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal meliputi: pemeriksaan berat jenis, penetrasi, daktilitas, dan titik lembek.

Dari hasil pemeriksaan memperlihatkan bahwa aspal tersebut dapat digunakan karena memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Tabel 3

Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Aspal Pen 60/70

Sifat-sifat fisis Aspal	Satuan	Hasil	Persyaratan
Berat Jenis;	-	1,023	>1
Penetrasi;	(0,1 mm)	70	60-70
Daktilitas;	Cm	>101,3	>100
Titik Lembek	°C	51,25	>48

4.3 Hasil pengujian Marshall untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO)

Tabel 4

Hasil pengujian Marshall dengan substitusi *filler* 75% abu serbuk kayu – 25% semen *portland*

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	Dept. PU (2014)
Stabilitas (Kg)	1138,77	1134,57	1055,36	1082,49	974,49	Min. 800
Flow (mm)	3,53	3,57	3,63	3,73	3,83	2 – 4
MQ (Kg/mm)	323,80	317,75	298,68	317,18	255,5	Min. 250
Density (t/m ³)	2,33	2,34	2,37	2,37	2,39	-
VIM (%)	8,54	7,11	5,29	4,53	3,20	3 – 5
VMA (%)	25,38	25,23	24,79	25,19	25,16	Min. 15
VFA (%)	66,48	71,82	78,65	82,03	87,41	Min. 65

Dari tabel 4 dapat dilihat hasil pengujian Marshall untuk substitusi *filler* 75% abu serbuk kayu – 25% semen *Portland* didapat kadar aspal optimum sebesar 6,1%.

Tabel 5

Hasil pengujian Marshall dengan substitusi *filler* 50% abu serbuk kayu – 50% semen *portland*

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	Dept. PU (2014)
Stabilitas (Kg)	1007,05	1108,89	1082,49	1033,45	988,19	Min. 800
Flow (mm)	3,50	3,27	3,07	3,43	3,77	2 – 4
MQ (Kg/mm)	293,02	355,11	354,20	306,65	270,77	Min. 250
Density (t/m ³)	2,37	2,40	2,41	2,40	2,41	-
VIM (%)	7,86	6,04	4,91	4,25	3,33	3 – 5
VMA (%)	24,01	23,56	23,68	24,18	24,48	Min. 15
VFA (%)	67,28	74,44	79,27	82,49	86,42	Min. 65

Dari tabel 5 dapat dilihat hasil pengujian Marshall untuk substitusi *filler* 50% abu serbuk kayu – 50% semen *Portland* didapat kadar aspal optimum sebesar 6%.

Tabel 6

Hasil pengujian Marshall dengan substitusi *filler* 25% abu serbuk kayu – 75% semen *portland*

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	Dept. PU (2014)
Stabilitas (Kg)	1083,07	1158,25	1154,30	1102,91	1079,19	Min. 800
Flow (mm)	2,90	3,27	3,17	3,67	3,97	2 – 4
MQ (Kg/mm)	384,82	370,75	368,55	301,50	272,77	Min. 250
Density (t/m ³)	2,38	2,42	2,42	2,42	2,43	-
VIM (%)	7,75	5,95	4,82	4,09	2,76	3 – 5
VMA (%)	23,60	22,87	23,29	23,74	23,72	Min. 15
VFA (%)	67,26	77,55	79,43	82,79	88,35	Min. 65

Dari Tabel 6 dapat dilihat hasil pengujian Marshall untuk substitusi filler 25% abu serbuk kayu 75% semen Portland didapat kadar aspal optimum sebesar 5,85%

Tabel 7

Hasil pengujian Marshall dengan substitusi filler 0% abu serbuk kayu – 100% semen *portland*

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	Dept. PU (2014)
Stabilitas (Kg)	1246,83	1075,70	1222,70	1203,17	1458,33	Min. 800
Flow (mm)	2,85	3,40	2,35	2,78	3,16	2 – 4
MQ (Kg/mm)	465,67	316,21	524,19	476,63	470,53	Min. 250
Density (t/m ³)	2,42	2,45	2,47	2,49	2,48	-
VIM (%)	7,07	5,05	3,52	1,89	1,67	3 - 5
VMA (%)	22,49	21,88	21,70	21,45	22,34	Min. 15
VFA (%)	68,60	76,91	83,79	91,23	92,54	Min. 65

Dari tabel 7 dapat dilihat hasil pengujian Marshall untuk substitusi filler 0% abu serbuk kayu – 100% semen *Portland* didapat kadar aspal optimum sebesar 5,31%.

Dari hasil pengujian kadar aspal optimum didapatkan KAO terbaik pada substitusi filler 0% abu serbuk kayu – 100% semen *Portland* yaitu sebesar 5, 31%.

Tabel 8

Rekapitulasi Nilai Stabilitas dan Durabilitas untuk substitusi abu serbuk kayu dengan Semen Portland

Abu Serbuk Kayu - Semen Portland %	Stabilitas Rendaman 30 Menit	Stabilitas Rendaman 24 Jam	Nilai Durabilitas (%)
b	c	D	e
75% - 25%	1056.09	995.74	94.29
50% - 50%	1167.42	1087.09	93.12
25% - 75%	1225.45	1122.67	91.61
0% - 100%	1300.38	1181.97	90.89

Dari tabel 9 dapat dilihat nilai durabilitas untuk penggunaan substitusi filler 75% abu serbuk kayu – 25% semen *Portland* yaitu sebesar 94,29%, 50% abu serbuk kayu – 50% semen *Portland* sebesar 93,12 %, 25% abu serbuk kayu – 75% semen *Portland* sebesar 91,61 % dan untuk 0% abu serbuk kayu – 100% semen *Portland* sebesar 90,89%. Berdasarkan hasil yang didapatkan nilai durabilitas untuk substitusi filler tersebut memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Departemen Pekerjaan Umum tahun 2010 yaitu > 90%.

Uji One Way - ANOVA

Hasil uji one way Anova dengan variasi kadar aspal terhadap karakteristik Marshall pada campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) dengan membandingkan nilai F hitung dan nilai F tabel serta nilai Sig. Dan nilai α . Apabila nilai F hitung yang dihasilkan pada uji one way Anova lebih besar dari nilai F tabel dan nilai Sig. Lebih besar dari nilai α , maka H_a diterima dan H_o ditolak dan terdapat pengaruh yang signifikan dalam penggunaan abu serbuk kayu dan semen *portland* sebagai filler terhadap karakteristik Marshall terhadap lama waktu perendaman.

Tabel 9

Perhitungan one-way Anova substitusi *filler* abu serbuk kayu dengan semen *Portland* rendaman 30 menit

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal 5,31 % dengan Variasi <i>Filler</i> ASK dengan SP				Kesimpulan
	Nilai F_{hitung} dan Sig.	Nilai F_{tabel} dan α	Nilai df_1 dan df_2	Uji Anova	
<i>Density</i>	$F_{hitung} = 33,53$	$F_{tabel} = 4,066$ $\alpha = 0,050$	$df_1 = 3$ $df_2 = 8$	Ho ditolak Ha diterima	ada pengaruh
VIM	$F_{hitung} = 5,839$	$F_{tabel} = 4,066$ $\alpha = 0,050$	$df_1 = 3$ $df_2 = 8$	Ho diterima Ha ditolak	ada pengaruh
VMA	$F_{hitung} = 15,041$	$F_{tabel} = 4,066$ $\alpha = 0,050$	$df_1 = 3$ $df_2 = 8$	Ho diterima Ha ditolak	ada pengaruh
VFA	$F_{hitung} = 3,777$	$F_{tabel} = 4,066$ $\alpha = 0,050$	$df_1 = 3$ $df_2 = 8$	Ho diterima Ha ditolak	Tidak ada pengaruh
Stabilitas	$F_{hitung} = 10,954$	$F_{tabel} = 4,066$ $\alpha = 0,050$	$df_1 = 3$ $df_2 = 8$	Ho ditolak Ha diterima	Ada pengaruh
<i>Flow</i>	$F_{hitung} = 16,119$	$F_{tabel} = 4,066$ $\alpha = 0,050$	$df_1 = 3$ $df_2 = 8$	Ho diterima Ha ditolak	ada pengaruh
<i>MQ</i>	$F_{hitung} = 15,551$	$F_{tabel} = 4,066$ $\alpha = 0,050$	$df_1 = 3$ $df_2 = 8$	Ho diterima Ha ditolak	ada pengaruh

Tabel 10

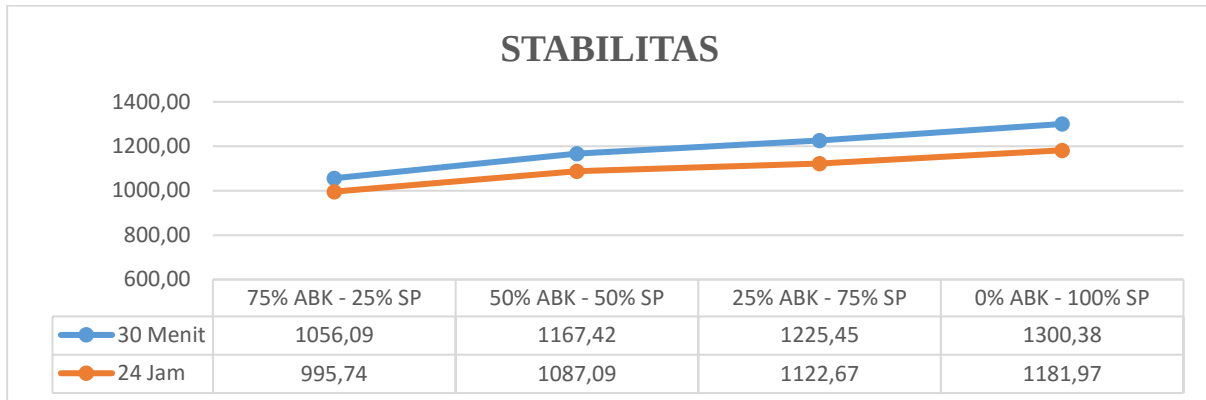
Perhitungan one-way Anova substitusi *filler* abu serbuk kayu dengan semen *Portland* rendaman 24 jam

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal 5,31 % dengan Variasi <i>Filler</i> ASK dengan SP				Kesimpulan
	Nilai F_{hitung} dan Sig.	Nilai F_{tabel} dan α	Nilai df_1 dan df_2	Uji Anova	
<i>Density</i>	$F_{hitung} = 45,328$	$F_{tabel} = 4,066$ $\alpha = 0,050$	$df_1 = 3$ $df_2 = 8$	Ho diterima Ha ditolak	ada pengaruh
VIM	$F_{hitung} = 4,519$	$F_{tabel} = 4,066$ $\alpha = 0,050$	$df_1 = 3$ $df_2 = 8$	Ho diterima Ha ditolak	ada pengaruh
VMA	$F_{hitung} = 45,328$	$F_{tabel} = 4,066$ $\alpha = 0,050$	$df_1 = 3$ $df_2 = 8$	Ho diterima Ha ditolak	ada pengaruh
VFA	$F_{hitung} = 2,182$	$F_{tabel} = 4,066$ $\alpha = 0,050$	$df_1 = 3$ $df_2 = 8$	Ho diterima Ha ditolak	Tidak ada pengaruh
Stabilitas	$F_{hitung} = 5,84$ Sig. = 0,020	$F_{tabel} = 4,066$ $\alpha = 0,050$	$df_1 = 3$ $df_2 = 8$	Ho ditolak Ha diterima	Ada pengaruh
<i>Flow</i>	$F_{hitung} = 13,935$	$F_{tabel} = 4,066$ $\alpha = 0,050$	$df_1 = 3$ $df_2 = 8$	Ho diterima Ha ditolak	ada pengaruh
<i>MQ</i>	$F_{hitung} = 22,913$	$F_{tabel} = 4,066$ $\alpha = 0,050$	$df_1 = 3$ $df_2 = 8$	Ho diterima Ha ditolak	ada pengaruh

Pembahasan

Nilai stabilitas campuran laston AC-WC menggunakan aspal Pen. 60/70 dengan substitusi *filler* abu serbuk kayu dengan semen *portland* pada KAO 5,31% menunjukkan campuran yang menggunakan substitusi *filler* 0% abu serbuk kayu – 100% semen *Portland* yaitu sebesar 1300,38 kg, stabilitas terendah pada campuran yang menggunakan substitusi *filler* 75% abu serbuk kayu – 25% semen *portland*, yaitu sebesar 1056,09 kg. Sedangkan campuran 50% abu serbuk kayu – 50% semen *Portland* mempunyai stabilitas sebesar 1167,42 kg dan untuk campuran 25% abu serbuk kayu – 75% semen *Portland* mempunyai stabilitas sebesar 1225,45 kg. Semua substitusi *filler* abu serbuk kayu dengan semen *Portland*

nilai stabilitas memenuhi persyaratan, yaitu ≥ 800 kg. nilai stabilitas campuran diperlihatkan pada Gambar 1 berikut ini :



Gambar 1. Pengaruh nilai stabilitas terhadap lama waktu rendaman

Penggantian semen *Portland* dengan abu serbuk kayu dapat mengakibatkan menurunnya stabilitas pada suatu campuran aspal. Namun dalam kondisi di campur dengan 25% abu serbuk kayu - 75% semen *Portland* bisa menyebabkan stabilitas yang ada mendekati stabilitas campuran yang menggunakan 0% abu serbuk kayu – 100% semen *Portland*.

Nilai durabilitas dari campuran AC-WC dengan substitusi abu serbuk kayu dan semen *portland* telah memenuhi persyaratan. Nilai durabilitas yang besar pada campuran aspal ini disebabkan karena *filler* kombinasi abu serbuk kayu dan semen portland yang digunakan dapat mengisi rongga-rongga yang terdapat di dalam campuran dengan baik, terlihat dari nilai VIM campuran yang cenderung kecil.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis material berupa agregat, aspal pen. 60/70 dan aspal pen. 60/70 setelah disubstitusi variasi *filler* abu serbuk kayu dan semen *portland* telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan serta dapat digunakan sebagai bahan campuran AC-WC.
2. Nilai – nilai karakteristik Marshall untuk semua variasi *filler* (75% abu serbuk kayu – 25% semen *Portland*, 50% abu serbuk kayu – 50% semen *Portland*, 25% abu serbuk kayu – 75% semen *Portland* dan 0% abu serbuk kayu – 100% semen *Portland*) pada kadar aspal optimum telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.
3. Nilai durabilitas semua variasi *filler* abu serbuk kayu dan semen *Portland* telah memenuhi persyaratan yaitu lebih besar dari 90%, nilai durabilitas tertinggi diperoleh pada variasi *filler* 75% abu serbuk kayu – 25% semen *portland* yaitu sebesar 94,29%, untuk *filler* 50% abu serbuk kayu – 50% semen *portland* sebesar 93,12%, untuk *filler* 25% abu serbuk kayu – 75% semen *portland* sebesar 91,61% dan untuk 0% abu serbuk kayu – 100% semen *portland* sebesar 90,89%.

5.2 Saran

Penelitian tentang substitusi *filler* abu serbuk kayu dan semen portland yang digunakan dalam campuran AC-WC diharapkan dapat dilanjutkan oleh peneliti lain, untuk penyempurnaan hasil penelitian. Dalam hal tersebut, penulis menyarankan beberapa poin untuk penelitian selanjutnya.

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi *filler* abu serbuk kayu dan semen *Portland* yang berbeda – beda, misalkan dengan menggunakan kadar *filler* : 100% abu serbuk kayu – 0% semen *Portland*, 80% abu serbuk kayu – 20% semen *Portland* dan sebagainya.
2. Disarankan untuk penelitian selanjutnya dengan menggunakan penetrasi aspal yang lain serta penggunaan agregat yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- AASTHO1990, *Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, 15thed, AASHTO, Washington, DC.
- AASTHO 1993, *Guide for Design of Pavement Structures*, AASHTO, Washington, DC.
- Asphalt Institute 1997, *Mix Design Methods For Asphalt Concrete And Other Hot-Mix Types (MS-2)*, vol. 6, pp.141.
- Bukhari, dkk, 2007, *Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan*, Fakultas Teknik, Universitas Syia Kuala.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga 1987, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) untuk jalan raya SKBI-2.4.26.1987*, Badan Penerbit PU Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga 2014, *Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2010z Revisi 3 Divisi 6*. Kementrian Pekerjaan Umum Indonesia.
- Kerb, RD and Walker, RD, 1971, *Highway Materials*, McGraw Hill Book Company, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA.
- Marteano, D, 2003, *Evaluasi Kinerja Campuran Hot Rolled Aspal (BRA) Dengan Menggunakan Filler Abu Sisa Penggajian Kayu*. Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Diponogoro, Semarang.
- Sabaruddin, 2011, *Pemamfaatan Limbah Abu Serbuk Kayu Sebagai Material Pengisi Campuran Laston Tipe B*, Teknik Sipil Universitas Khairun, Ternate.
- Salim, A., 2010, *Penggunaan Agregat Alam Pulau Simeulue dan Semen Portland Sebagai Filler untuk Lapis Permukaan Jalan*, Bidang Studi Teknik Transportasi Fakultas Teknik Unsyiah, Banda Aceh
- Sentosa, L, Enno, Y, 2006, *Penggunaan Abu Gambut Sebagai Filler Pada Campuran Lapis Aspal Beton Dengan Pengujian Marshall*, Teknik Sipil Universitas Riau, Pekanbaru.
- Shahrour dan Saloukeh, 1992, *Effect of Quality and Quantity of Locally Produce Filler (Passing Sieve no. 200) on Asphaltic Mixture in Dubai*, ASTM Special Technical Publication, USA.
- Sukirman, S, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman, S, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Granit, Bandung.
- Triadmodjo, B, 2002, *Metode Numerik*, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Otoko, G, R, Honest, B, K, 2014, *Stabilization of Nigerian Deltaic Laterites with Saw Dust Ash*. Civil Engineering Department, Rivers State University of Science and Technology, Port Harcourt.
- Yusanthi, N, 2016, *Study On The Peformance of Waste Materials In Hot Mix Asphalt Concrete*, American Scientific Research Journal For Engineering, Tecnologi and Science.