
Pengaruh Pemberian *Filler* Abu Cangkang Lokan Terhadap Parameter Marshall Pada Campuran Aspal Beton

Veranita¹, Chaira², Joko Salihin³

^{1,2}Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar, Meulaboh

²Jurusan sipil, Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar, Meulaboh

e-mail: *1veranita100281@gmail.com

Abstrak

Aceh Barat memiliki areal garis pantai dan sungai yang mengalir air ke laut yang cukup luas dan menghasilkan banyak pasokan jenis lokan yang hidup disungai. Lokan merupakan makanan khusus yang disuguhkan oleh banyak warung mie dan rumah makan di wilayah tersebut, sedangkan cangkang lokan itu sendiri menjadi sampah yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Ketersediaan cangkang lokan ini yang berasal dari sampah rumah tangga menjadi inspirasi penulis untuk melakukan penelitian tentang penggunaan cangkang lokan ini yang dapat dijadikan filler. Filler cangkang lokan ini memiliki sedikit kesamaan dengan filler semen yaitu sama-sama memiliki kandungan kapur yang bisa memperbaiki nilai daya dukung pada suatu campuran. Harganya juga lebih murah dan ramah terhadap lingkungan. Dari penelitian ini penulis ingin mengetahui pengaruh pemberian filler abu cangkang lokan terhadap parameter Marshall pada campuran aspal beton. Penelitian yang dilakukan mengacu pada spesifikasi teknis Departemen Pekerjaan Umum 2010. Variasi campuran filler yang digunakan memiliki komposisi yang berbeda. Persentase *filler* yang digunakan untuk masing-masing variasi adalah penambahan *filler* semen 0% dan abu cangkang lokan 100 %, Penambahan *filler* abu semen 20 % dan abu cangkang lokan 80 %, dan Penambahan *filler* abu semen 50 % dan abu cangkang lokan 50 %. Hasil yang didapat untuk kadar aspal optimum pada setiap variasi 0/100, 20/80 dan 50/50 yaitu sebesar 4,8 %, 4,5%, dan 4,9%. Dari hasil evaluasi Marshall diperoleh nilai stabilitas tertinggi didapat pada variasi 0/100, dan terendah pada variasi 50/50, hal tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan abu cangkang lokan akan meningkatkan nilai dukung yang lebih tinggi namun kurang fleksibel.

Kata kunci— Pengaruh *filler*, abu cangkang lokan, aspal beton

Abstract

West Aceh has a coastline area and a river that drains water into the sea which is quite extensive and produces a lot of supply of lokan species that live in the river. Lokan is a special food that is served by many noodle stalls and restaurants in the area, while the shells become waste that has not been fully utilized. The availability of these shells originating from household waste has inspired the author to conduct research on the use of these as fillers. The shell fillers have little in common with cement fillers are equally lime-containing which can improve the carrying capacity of a mixture. The price is also cheaper and friendly to the environment. From this study the authors wanted to find out the effect of graft ash filler on Marshall parameters on concrete asphalt mixture. The research carried out refers to the technical specifications of the Department of Public Works 2010. Variations in the filler mixture used have different

compositions. The percentage of filler used for each variation is the addition of 0% cement filler and 100% shell ash, 20% cement ash filler addition and 80% shell ash, and 50% cement ash filler addition and 50% shell shell ash. The results obtained for optimum bitumen content in variations of 0/100, 20/80 and 50/50 were 4.8%, 4.5%, and 4.9% respectively. From the Marshall evaluation results obtained the highest stability values at variations of 0/100, and the lowest in the variation of 50/50, this shows that the higher the content of shell shell ash will increase the higher carrying value but less flexible.

Keywords— *Effect of fillers, shell shell ash, concrete asphalt*

1. PENDAHULUAN

Provinsi Aceh memiliki luas wilayah yang besar dan potensi sumber daya alam yang sangat beragam yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan, salah satunya adalah dalam pembangunan sarana transportasi. Aceh Barat memiliki areal garis pantai dan sungai-sungai yang mengalir air ke laut yang cukup luas dan menghasilkan banyak pasokan jenis lokan yang hidup disungai. Lokan air tawar merupakan makanan khusus yang disuguhkan oleh banyak warung mie kerang, rumah makan padang dan restoran di daerah tersebut. Sedangkan cangkang lokan itu sendiri belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat setempat, sebagian masyarakat mengolah cangkang tersebut menjadi kapur sirih. Ketersediaan material tersebut yang mudah didapat dan belum banyak dimanfaatkan menjadi inspirasi untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan abu cangkang lokan ini sebagai *filler* dalam campuran perkerasan aspal.

Filler atau pengisi merupakan bahan yang lolos saringan nomor 200 dengan ukuran kurang dari 0,075 mm yang bersumber dari proses pengolahan agregat menggunakan *stone crusher* terlebih dahulu. *Filler* cangkang lokan ini memiliki sedikit kesamaan dengan *filler* semen yaitu sama-sama memiliki kandungan kapur. Semen mengandung kapur tohor sebesar 60-65%, silika 20-24%, alumina 4-8%, sedangkan abu cangkang lokan mengandung kapur 67,072%, alumina 1,622% dan silika 8,252%. Kandungan ini dapat meningkatkan nilai daya dukung pada suatu campuran (Esentia, 2014). Dari penelitian ini penulis ingin mengetahui pengaruh pemberian *filler* abu cangkang lokan terhadap parameter Marshall pada campuran aspal beton. Penelitian yang dilakukan mengacu pada spesifikasi teknis Departemen Pekerjaan Umum 2010. Variasi campuran *filler* yang digunakan memiliki komposisi yang berbeda. Persentase *filler* yang digunakan untuk masing-masing variasi adalah penambahan *filler* semen 0% dan abu cangkang lokan 100 %, Penambahan *filler* abu semen 20 % dan abu cangkang lokan 80 %, dan Penambahan *filler* abu semen 50 % dan abu cangkang lokan 50 %. Hasil yang didapat untuk kadar aspal optimum pada variasi 0/100 sebesar 4,8 %, 20/80 sebesar 4,5%, dan 50/50 sebesar 4,9%. Dari hasil evaluasi Marshall diperoleh nilai stabilitas tertinggi didapat pada variasi 0/100, dan terendah pada variasi 50/50, hal tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan abu cangkang lokan akan meningkatkan nilai dukung yang lebih tinggi namun kurang fleksibel.

Penggunaan limbah abu kulit kerang untuk material beton telah dicoba diteliti (Syafpoetri dkk, 2013; Putra, 2014; Katrina, 2014; Cahyadi, 2016). Menurut Syafpoetri dkk (2013), abu kulit kerang hasil pembakaran suhu 700°C menghasilkan kandungan CaO (Calsium Oksida) yang tinggi (55,1%), CaO mempunyai manfaat sebagai bahan perekat dalam campuran aspal. Penggunaan abu serbuk kulit kerang pada campuran beton aspal menunjukkan nilai stabilitas Marshall pada rentang yang masuk dalam spesifikasi (Cahyadi, 2016). Hasil ini menunjukkan bahwa abu kulit kerang berpotensi dan layak untuk digunakan sebagai bahan pengisi.

2. METODE PENELITIAN

Gambaran Umum Penelitian

Data-data yang kumpulkan dalam melaksanakan penelitian ini mencakup data primer dan data sekunder (pendukung). Data primer yaitu data yang didapat dari hasil pengujian sifat fisis agregat, aspal dan hasil pengujian Marshall. Data sekunder yaitu data pendukung yang didapat dari dinas terkait seperti peta kabupaten, peta lokasi, literatur, buku, dan brosur-brosur. Pengujian atas benda uji yang dibuat mengacu kepada spesifikasi Bina Marga tahun 2010. Material yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, aspal penetrasi 60/70 dan *filler* yang terdiri dari semen dan abu cangkang lokan dengan variasi perbandingan 0/100, 20/80 dan 50/50.

Prosedur pelaksanaan

Prosedur pelaksanaan penelitian saya ini didapat dari data-data berupa data primer di dapat dari hasil pengujian yang dilakukan oleh peneliti sementara data sekunder bisa di dapat dari literatur, baik dari buku-buku, jurnal-jurnal. Adapun prosedur penelitian meliputi :

Persiapan

Pertama sekali persiapan yang dilakukan yaitu menyiapkan bahan seperti agregat kasar dan halus, aspal, dan filler, dan juga persiapan alat-alat yang akan digunakan. Sebelum peralatan digunakan, harus dilakukan terlebih dahulu pengecekan pada alat tersebut yang dilakukan pada Laboratorium material jalan raya Banda Aceh.

Pengujian bahan

Pemeriksaan bahan agregat dan aspal yang digunakan mengacu pada standar pemeriksaan manual seperti terlihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Pemeriksaan agregat.

Agregat Kasar		
No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990
2	Berat Jenis	SNI 1969:2008
3	Penyerapan Air	SNI 1969:2008
4	Keausan Agregat	SNI 2417:2008
5	Indeks Kepipihan dan Kelonjongan	ASTM D – 4791
6	Kelekatan Agregat terhadap Aspal	SNI 2439:2011
Agregat Halus		
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990
2	Berat Jenis	SNI 1970:2008

Perencanaan penelitian

Perencanaan campuran aspal beton dalam penelitian ini menggunakan pengujian *marshall*. Tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan spesifikasi agregat bergradasi rapat berdasarkan Spesifikasi Teknis Departemen Pekerjaan Umum (2010).
2. Menentukan proporsi agregat yang dihitung melalui cara perhitungan analitis dimana jumlah agregat yang tertahan sesuai dengan spesifikasi gradasi yang ditentukan yang diperlihatkan pada Tabel 2.

3. Mendapatkan kadar aspal rencana dengan menggunakan rumus Pb.
4. Menghitung berat total agregat disetiap persen kadar aspal yaitu setiap benda uji beratnya 1200 gr.
5. Benda uji yang dibuat menggunakan variasi *filler* dengan memvariasikan 6% total *filler* menjadi 2 variasi yang berbeda, yaitu: penambahan *filler* semen 0 %, *filler* cangkang loka 6%, dan *filler* semen 1,2%, penambahan *filler* abu cangkang lokan 4,8%, dan *filler* semen 3%, penambahan *filler* abu cangkang lokan 3%. Gradasi yang digunakan adalah gradasi rapat yang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Spesifikasi gradasi rapat

No Ayakan		Spesifikasi	%lolos	
Metrik (mm)	ASTM	%lolos	% Tertahan	Terhadap Total
		Titik kontrol		
25	1"	100	0	71
19	¾"	90-100	5	
12,5	½"	71-90	14,5	
9,5	3/8"	58-80	11,5	
4,75	#4	37-56	22,50	
2,36	#8	23-34,6	17,70	
1,19	#16	15-22,3	10,15	23
0,60	#30	10-16,7	5,30	
0,30	#50	7-13,7	4	
0,149	#100	5-11	3,35	
0,075	#200	4-8	6	6

Sumber : Spesifikasi Teknis Departemen Pekerjaan Umum (2010)

Merancang Benda Uji

Dalam pembuatan benda uji, langkah yang harus dilakukan yaitu melakukan rancangan campuran untuk mendapatkan *mix design* campuran. Berikut bahan-bahan yang diperlukan agregat kasar, halus dan filler. Ketiga bahan tersebut dilakukan penimbangan sesuai dengan ukuran gradasi yang telah ditentukan. Keseluruhan berat campuran dari satu benda uji yaitu 1200 gr dengan tinggi 6,35 cm dan diameter 10,2 cm.

Langkah-langkahnya yaitu sebagai berikut :

1. Pembuatan Filler Abu Cangkang Lokan
Pembuatan filler cangkang lokan dengan cara dibersihkan dahulu cangkangnya dari kotoran yang menempel, setelah itu dibakar dengan kayu bakar, bambu dan pelepah kelapa yang disusun diatas susunan bambu yang sudah disusun dengan api menyala diatas suhu 110°C. Lamanya pembakaran ± 25 menit, setelah itu diangkat dari perapian bambu lalu ditumbuk hingga menjadi halus, kemudian disaring.
2. Persiapan Benda Uji
Bahan-bahan seperti agregat dan filler harus dibersihkan dan dikeringkan. Masing-masing agregat dan filler dipisahkan dalam suatu wadah/nampan. Nampan tersebut harus bersih dari kotoran dan dibuat alas benda uji yang telah diberi oli supaya tidak lengket pada cetakan.
3. Pembuatan Campuran
Pertama-tama dengan memanaskan aspal penetrasi 60/70 hingga mencapai suhu diatas 110°C, aspal ditimbang beratnya sesuai dengan proporsi campuran yang telah didapat dan tuangkan aspal kedalam agregat dan filler. Aduk hingga merata sampai semua permukaan agregat tertutupi oleh aspal.
4. Pemasakan campuran

Pemadatan campuran aspal dilakukan pada suhu diatas 110°C, campuran tadi dipindahkan ke dalam cetakan yang sudah dilapisi oleh kertas kemudian dilakukan pemadatan dengan menusuk- nusuk pada pada bagian tengah dan pinggir. Selanjutnya bagian atas diratakan permukaan dengan menggunakan sendok semen. Selanjutnya benda uji diitumbuk sebanyak 75 kali bagian atas bawah.

5. Perawatan Benda Uji

Benda uji yang sudah dilakukan penumbukan dengan alat penumbuk dikeluarkan dari cetakan dengan sangat hati-hati agar tidak retak dan letakkan benda uji selama lebih kurang 1 hari diruang terbuka. Keseluruhan jumlah benda uji yang dibuat berjumlah 63 buah, pada tahap pertama sebanyak 45 buah dan tahap kedua dibuat 18 buah untuk durabilitas dan permeabilitas.

Kadar aspal optimum ditentukan dnegan cara menggabungkan nilai-nilai tersebut sehingga didapat suatu selang kadar aspal yang memenuhi syarat-syarat tersebut. Kadar aspal optimum dapat diambil sebagai nilai tengah dari selang tersebut. Adapun rancangan benda uji dapat dilihat pada Tabel 3 berikut

Tabel 3 Jumlah Pembuatan Benda Uji

Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji tahap pertama		
	0:100	20:80	50:50
P = 3	15	15	15
P = 3,5	3	3	3
P = 4	3	3	3
P = 4,5	3	3	3
P = 5	3	3	3

Benda uji Durabilitas

Setelah diperoleh nilai kadar aspal optimum maka dibuatlah benda uji tahap kedua untuk pengujian stabilitas dan durabilitas sebanyak 18 benda uji yaitu 9 benda uji untuk Stabilitas dan 9 benda uji untuk Durabilitas, lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut ini :

Tabel 4 Jumlah Benda Uji Durabilitas.

Benda Uji	Jumlah Benda Uji Pada Setiap Perbandingan Semen dan Abu Cangkang Lokan		
	0:100	20:80	50:50
Stabilitas	3	3	3
Durabilitas	3	3	3
Jumlah keseluruhan	18		

1. Pengujian dengan alat *marshall*

Pemeriksaan ini untuk menentukan ketahanan (*stabilitas*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Alat yang digunakan adalah alat uji marshall lengkap dial stabilitas dan

Flow, bak perendaman (*Water bath*), thermometer, jangka sorong dan timbangan. Langkah-langkah pengujian marshall antara lain sebagian berikut:

- a. Rendam benda uji direndam dalam *waterbath* pada suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit;
- b. Bagian dalam permukaan kepala penekan harus dibersihkan dan diberi oli agar benda uji mudah dilepas dari cetakan setelah pengujian;
- c. Setelah itu benda uji dikeluarkan dari *waterbath*, dan benda uji diletakkan di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian letakkan bagian atas kepala penekan dengan memasukkan lewat batang penuntun, kemudian letakkan pemasangan yang sudah lengkap tersebut tepat di tengah alat pembebanan, arloji kelelahan dipasang pada kedudukan diatas salah satu batang penuntun. Waktu yang diperlukan untuk mengeluarkan benda uji tidak boleh lebih dari 30 detik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang akan disajikan adalah tabel-tabel hasil pemeriksaan dan hasil-hasil pengujian serta grafik-grafik yang menyatakan hubungan antara variasi kadar *filler* dengan karakteristik dari aspal Penetrasi 60/70

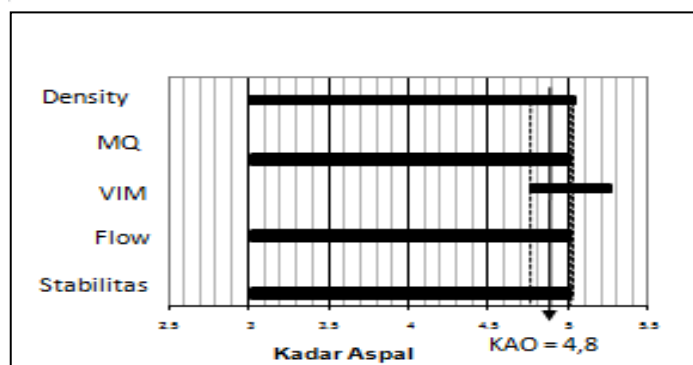
Hasil pengujian Marshall

Data yang dihasilkan dari pengujian Marshall berupa nilai stabilitas, *flow*, VIM, *density*, dan MQ. Nilai kadar aspal optimum yang dihasilkan pada variasi 0/100 adalah 4,8%, variasi 20/80 diperoleh nilai 4,5% dan variasi 50/50 didapat hasil kadar aspal optimum sebesar 4,9%. Hasil pemeriksaan untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum pada metode *surface area method* yang diperlihatkan pada tabel 5 sampai tabel 7 berikut.

Tabel 5 Hasil Pengujian Marshall dengan variasi Filler Semen Portland dan Abu Cangkang Lokan 0/100 pada campuran AC-BC

No	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi Dept PU
		3	3,5	4	4,5	5	
1.	Stabilitas (kg)	1285,47	1211,89	1091,30	1000,6	980,65	>800
2.	Flow (mm)	3,01	3,03	3,04	3,05	3,10	3-6
3.	MQ(Kg)	426,26	399,38	359,09	327,91	318,45	>300
4.	Kepadatan (gr/cm ³)	2,37	2,37	2,38	2,41	2,41	>2
5.	VIM (%)	8,44	7,97	6,84	5,43	4,87	3,5-5,5

Grafik Marshall untuk memperoleh nilai kadar aspal optimum yaitu sebesar 4,8% pada variasi pertama 0/100 dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.

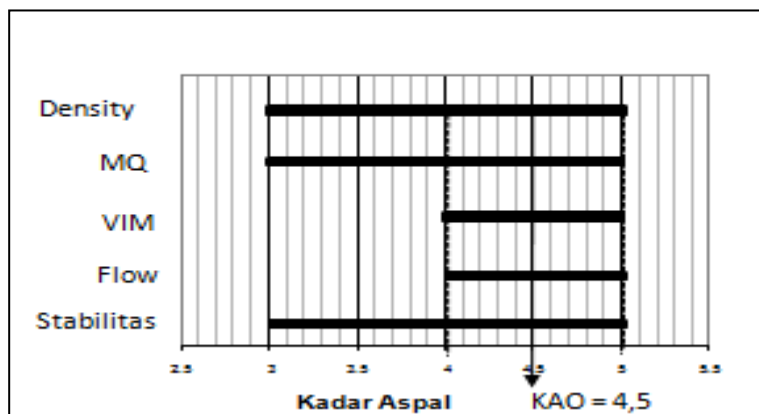


Gambar 4.1 Hubungan antara parameter Marshall dengan kadar aspal pada variasi 0/100

Tabel 6 Hasil Pengujian Marshall dengan variasi Filler Semen Portland dan Abu Cangkang Lokan 20/80 pada campuran AC-BC

No	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi Dept PU
		3	3,5	4	4,5	5	
1.	Stabilitas (kg)	1174,64	941,48	930,97	891,87	885,34	>800
2.	Flow (mm)	2,40	2,63	3,00	3,00	3,01	3-6
3.	MQ(Kg)	539,29	377,52	311,04	302,75	300,59	>300
4.	Kepadatan (gr/cm ³)	2,35	2,35	2,43	2,42	2,41	>2
5.	VIM (%)	9,03	8,60	4,93	4,83	4,71	3,5-5,5

Grafik Marshall untuk memperoleh nilai kadar aspal optimum yaitu sebesar 4,5% dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut untuk variasi kedua 20/80.

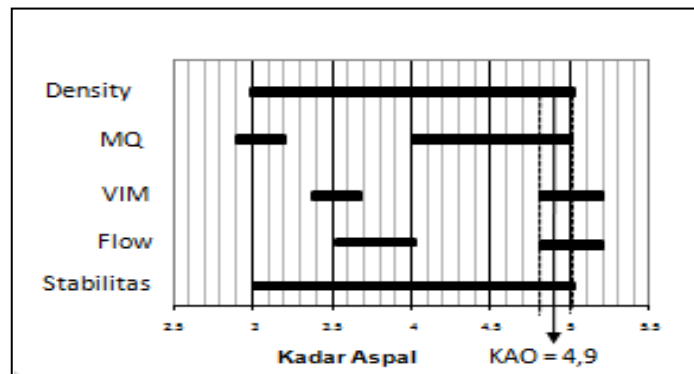


Gambar 4.2 Hubungan antara parameter Marshall dengan kadar aspal pada variasi 20/80

Tabel 7 Hasil Pengujian Marshall dengan variasi *Filler* Semen *Portland* dan Abu Cangkang Lokan 50/50 pada campuran AC-BC .

No	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi Dept PU
		3	3,5	4	4,5	5	
1.	Stabilitas (kg)	928,43	816,18	1091,74	941,48	885,27	>800
2.	Flow Plastis (mm)	2,70	3,17	3,17	2,93	3,42	3-6
3.	MQ(Kg)	346,31	266,19	346,75	333,35	312,35	>300
4.	Kepadatan (gr/cm ³)	2,38	2,45	2,39	2,37	2,56	>2
5.	VIM (%)	8,15	4,83	6,46	6,78	3,50	3,5-5,5

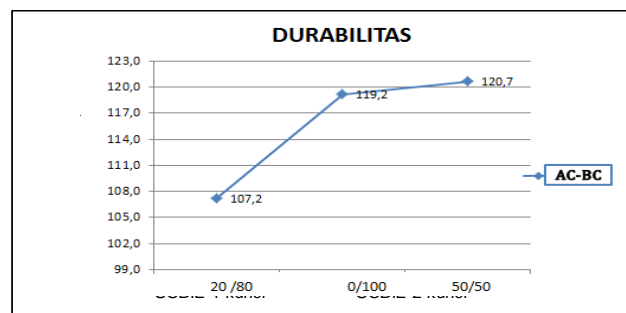
Grafik Marshall untuk variasi ketiga 50/50 diperoleh nilai kadar aspal optimum yaitu sebesar 4,9% dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Hubungan antara parameter Marshall dengan kadar aspal pada variasi 50/50

Tinjauan terhadap nilai durabilitas

Pada nilai durabilitas yang diperoleh, menunjukkan bahwa tingkat keawetan campuran untuk campuran AC-BC menggunakan variasi 0/100, 20/80 filler semen *porland*, abu cangkang lokan diperlihatkan pada Gambar 1



Gambar 1 Variasi filler terhadap nilai durabilitas

Perbandingan antara stabilitas rendaman dan stabilitas normal disebut indeks stabilitas sisa. Dari Gambar 1 terlihat bahwa nilai durabilitas dari ketiga variasi 0/100, 20/80, dan 50/50 filler semen *porland*, abu cangkang lokan mempunyai nilai yang tinggi. Nilai durabilitas yang tertinggi didapat dari variasi 50/50 yaitu sebesar 120,7 %. Peningkatan nilai durabilitas pada variasi 50/50 ini kemungkinan disebabkan oleh penurunan kadar rongga di dalam campuran beraspal karena nilai VIM nya lebih rendah. Kondisi campuran beraspal seperti ini memiliki daya dukung dan tingkat keawetan lebih tinggi namun kurang fleksibel.

4. KESIMPULAN

1. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dari *stone crusher* PT. Tuwie Bunta Grub sebagian besar telah memenuhi spesifikasi untuk campuran AC-BC. Sifat-sifat fisis aspal juga masuk ke dalam spesifikasi yang ditetapkan dan hasil pemeriksanan sifat-sifat fisis filler semen *porland* dan abu cangkang lokan juga memenuhi spesifikasi;
2. Kadar Aspal Optimum (KAO) variasi filler semen *porland*, abu cangkang lokan yang diperoleh berdasarkan evaluasi parameter *Marshall* variasi 0/100 sebesar 4,8 %, 20/80 sebesar 4,5%, dan 50/50 sebesar 4,9%, campuran AC-BC.
3. Hasil pengujian Marshall untuk campuran AC-BC dengan variasi 0/100 memenuhi persyaratan kecuali nilai *Voids In Mix (VIM)* pada kadar aspal (3%, 3,5%, 4% dan 4,5%),

sedangkan untuk variasi 20/80 memenuhi persyaratan kecuali nilai VIM dan Flow pada kadar aspal (3,5% dan 4%) tidak memenuhi, dan untuk variasi 50/50 semua parameter Marshall memenuhi persyaratan kecuali nilai *flow* pada kadar aspal (4% dan 4,5%), dan *Voids In Mix (VIM)* pada kadar aspal (4%, dan 4,5%) ;

4. Pengujian Marshall pada rendaman 30 menit untuk campuran AC-BC pada masing-masing variasi semua memenuhi persyaratan, sedangkan pada perendaman 24 jam pada masing-masing variasi semua juga memenuhi persyaratan;
5. Nilai durabilitas pada campuran, AC-BC pada semua variasi *filler* semen *porland*, abu cangkang lokan mempunyai nilai durabilitas yang memenuhi persyaratan.

5. SARAN

Penelitian ini diharapkan bisa dilanjutkan untuk campuran AC-BC dengan variasi *filler* semen *porland* dan variasi abu cangkang lokan dengan menggunakan bahan pengikat aspal jenis yang lain seperti aspal pen 80/100, 100/120 atau 40/50 sehingga dapat diketahui perbandingan bahan pengikat yang berbeda dengan variasi persentase agregat yang memenuhi parameter Marshall.

DAFTAR PUSTAKA

1. Advanty Esentia, 2014, *Pengaruh Penggantian Sebagian Filler Semen dengan Kombinasi 40% Serbuk Batu Bata dan 60% Abu Cangkang Loakan pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*, Unib Scholar Repository, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu, Bengkulu.
2. Bukhari dkk, 2007, *Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan*, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
3. Bina Marga, 2007, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya*, SNI No. 1737 1989 F, 1989, Departemen PU, Jakarta.
4. Katrina, G. (2014). *Pemanfaatan limbah kulit kerang sebagai Substitusi Pasir dan Abu Ampas Tebu sebagai Substitusi Semen pada Campuran Beton Mutu K-225*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol.2 No. 3, September 2014, 308 - 313.
5. Ondriani, Saleh, S.M., dan Isya, M., 2014, *Tinjauan Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa sebagai Filler Terhadap Karakteristik Lapisan AUS (AC-WC)*, Jurnal Teknik Vol 3.
6. Putra, M.A. (2014). *Pemanfaatan Kombinasi Limbah Abu Ampas Tebu dan Abu Kulit Kerang sebagai Substitusi Semen Padi Campuran Beton Mutu K225 dengan NaCL sebagai rendaman*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, Vol. 2, No. 3, Hal. 413-417.
7. Putrowijoyo., 2006, *Komposisi senyawa kimia dari semen portland.* , Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
8. Rizki Cahyadi, Rika Sylviana, Elma Yulius, 2016. *Perbandingan nilai Stabilitas Penggunaan Filler Serbuk Kulit Kerang dengan Abu Batu pada Campuran Beton Aspal*, *Journal*, 2-3.

9. Rusmayadi., 2013, *lapisan permukaan Perkerasan aspal*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
10. Spesifikasi Teknis Departemen Pekerjaan Umum (2010), *Ketentuan Agregat Kasar dan Agregat Halus*
11. Syafpoetri, N.A., Olivia, M., dan Darmayanti, L. (2013). *Pemanfaatan Abu Kulit Kerang (*Bathymodiolus Puteoserpentis*) untuk Pembuatan Ekosemen*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Riau, 1-14.