

Evaluasi Karakteristik Campuran AC-BC menggunakan Abu Cangkang Kemiri sebagai Bahan Substitusi *Filler* terhadap Parameter Marshall

Kusmira Agustian, Roni Agusmaniza

Prodi Konstruksi Pondasi, Beton dan Pengaspalan Jalan Akademi Komunitas Negeri Aceh Barat
Jalan Iskandar Muda – Komplek STTU Alue Peunyareng, Meulaboh – Aceh Barat

e-mail : kusmira@aknacehbarat.ac.id

Abstrak - Mutu campuran aspal sangat dipengaruhi oleh penggunaan jenis dan komposisi agregat, aspal, serta filler. Filler Abu batu, fly ash sudah umum dipergunakan pada campuran aspal. Namun, filler ini sulit ditemukan dan harganya tidak murah. Abu cangkang kemiri (ACK) diharapkan bisa menjadi alternatifnya. Riset ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan ACK sebagai bahan substitusi filler terhadap karakteristik Marshall campuran AC-BC. Metode riset yang dilakukan diawali dengan pembuatan sampel pengujian dengan variasi persentase aspal untuk mendapatkan kadar aspal optimum pada masing-masing persentase substitusi ACK terhadap berat filler dalam campuran, yaitu sebesar 0%, 10% dan 20%. Hasil riset menampilkan nilai stabilitas paling tinggi diperoleh pada pemakaian 20% ACK, yaitu senilai 2.373,06 kg. Peningkatan persentase ACK dalam campuran aspal, menyebabkan nilai VIM dan pelelehan menurun, sedangkan VFA dan MQ meningkat. Nilai density dan VMA tidak berubah signifikan. Nilai durabilitas tertinggi diperoleh pada kadar 20% ACK yaitu sebesar 101,8%.

Kata Kunci : Campuran AC-BC, Abu Cangkang Kemiri (ACK)

Abstract - The quality of the asphalt mixture was influenced by using the type and arrangement of aggregate, asphalt and, filler. Filler Stone ash, fly ash is commonly used in asphalt mixtures. However, these fillers are hard to find and not cheap. Candlenut shell ash (CSA) is expected to be an alternative. This research was conducted to evaluate the effect of using CSA as filler substitution on Marshall characteristics of the AC-BC mixture. The research method begins with making test samples with variations in asphalt percentage to obtain optimum asphalt content for each percentage of CSA substitution to the weight of filler in the mixture, which is 0%, 10%, and 20%. Research results show that the highest stability value is obtained when using 20% CSA, which is 2,373.06 kg. The increase of the percentage of CSA in the asphalt mixture causes the VIM and flow values to decrease, while the VFA and MQ increase. density and VMA values did not change significantly. The highest durability value was obtained at 20% CSA, which was 101.8%.

Keywords: Asphalt Concrete Wearing Course (AC-BC), Candlenut Shell Ash (CSA)

I. PENDAHULUAN

Jalan raya sangat dibutuhkan dalam kehidupan manusia untuk melakukan kegiatan transportasi. Kegiatan transportasi memberi pengaruh yang besar dalam meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian suatu wilayah. Oleh karenanya, diperlukan mutu perkerasan jalan yang sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan agar kegiatan transportasi dapat berjalan dengan baik.

Kualitas campuran aspal yang baik akan menghasilkan perkerasan jalan yang mampu menahan beban kendaraan berat serta mempunyai ketahanan terhadap perubahan iklim dan cuaca. Campuran aspal yang baik sangat

tergantung dari komposisi agregat, aspal dan filler yang digunakan.

Material filler dalam campuran aspal umumnya menggunakan abu batu, kapur, fly ash (abu terbang) dan semen yang di alam terbatas ketersediaannya dan relatif mahal. Selain itu, material filler ini berasal dari sumber alamiah yang tidak bisa diperbaharui oleh manusia. Oleh karena itu, diperlukan inovasi-inovasi terbaru untuk alternatif material lain sehingga campuran aspal yang digunakan menjadi lebih ekonomis.

Beberapa penelitian terdahulu diantaranya Purwati (2015) yang meneliti tentang penggunaan cangkang kemiri sebagai pengganti agregat kasar untuk meningkatkan stabilitas campuran AC-BC. Dari hasil penelitian yang diperoleh, penggunaan cangkang kemiri dengan

persentase yang semakin meningkat cenderung menurunkan nilai stabilitas campuran aspal. Agusmaniza (2020) menjelaskan bahwa penggunaan kombinasi plastik serta *filler* ACKS pada campuran AC-WC dapat meningkatkan parameter Marshall, terutama nilai stabilitas dan MQ.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan riset tentang pemanfaatan abu cangkang kemiri (ACK) sebagai bahan substitusi *filler* dalam campuran aspal. ACK merupakan hasil dari proses pembakaran sempurna cangkang kemiri yang berwarna hitam kecoklatan. ACK yang digunakan merupakan material yang lolos saringan No. 0,075 mm.

Tujuan dilaksanakan riset ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh pemanfaatan ACK sebagai *filler* pada campuran aspal jenis laston lapis pengikat (AC-BC) terhadap karakteristik Marshall. Sampel ACK diambil di Desa Bukit Merdeka, Kab. Aceh Tenggara, sementara aspal yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60-70 serta agregat yang berasal dari Sungai Kali Alas, Aceh Tenggara.

Diharapkan dari hasil riset nantinya, penggunaan ACK sebagai *filler* dapat meningkatkan kualitas dari campuran aspal tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Lapis Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton merupakan campuran aspal beton yang bergradasi baik (menerus). Lapisan ini umumnya dipergunakan pada jalan untuk kepadatan lalu lintas tinggi/ berat (Sukirman, 2003). Berdasarkan penggunaannya, lapis aspal beton dibagi menjadi tiga jenis, yakni aspal beton lapis pondasi (AC-Base), aspal beton lapis pengikat (AC-BC) dan aspal beton lapis aus (AC-WC).

Aspal beton lapis pengikat (AC-BC) merupakan lapis perkerasan yang letaknya di bawah laston lapis aus (AC-WC) serta tidak berhubungan langsung dengan perubahan cuaca dan iklim. Meskipun demikian, laston lapis pengikat (AC-BC) ini juga harus mempunyai stabilitas yang baik dalam menerima beban kendaraan yang disalurkan dari lapisan di atasnya (Sukirman, 2003).

Persyaratan karakteristik dari campuran lapis aspal beton (AC) dapat dilihat seperti pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Ketentuan Karakteristik Campuran Laston (AC)

Sifat-Sifat Campuran (AC)	Min.	Maks.
Density (gr/cm ³)	2	-
VIM (%)	3,0	5,0
VMA (%)	14	-
VFA (%)	65	-
Stabilitas Marshall (kg)	800	-
Pelelehan (mm)	2,0	4,0
Marshall Quotient (kg/mm)	250	-
Stabilitas Marshall Sisa (%)	90	-

Sumber: Bina Marga (2014)

B. Agregat

Agregat ialah material yang terdiri dari pasir, kerikil, butir-butir batu pecah atau mineral lain, baik yang berupa buatan maupun alami yang mempunyai bentuk padat serta dapat berukuran kecil, besar ataupun fragmen-fragmen. Agregat merupakan material paling utama pada struktur perkerasan jalan raya, berkisar antara 90-95% berdasarkan dari persentase berat atau antara 75-85% berdasarkan dari persentase volume (Sukirman, 2003).

C. Abu Cangkang Kemiri (ACK)

Penggunaan ACK sebagai bahan substitusi *filler* pada campuran aspal didasari pada zat yang terkandung didalamnya. Penelitian Lempang, Wasrin dan Pari (2006) memperlihatkan bahwa kandungan *seklrenkim* berupa *seklereida*, yang bila dicampurkan dengan campuran aspal akan terjadi reaksi senyawa yang bisa meningkatkan karakteristik campuran serta dapat meningkatkan daya tahan terhadap keretakan, sehingga ACK diharapkan dapat meningkatkan kinerja dari campuran aspal.

Adapun unsur kimia yang terdapat pada cangkang kemiri tersebut dapat dilihat di Tabel 2 pada halaman selanjutnya.

Tabel 2. Unsur Kimia Cangkang Kemiri

Unsur	Kadar %
Holosesulosa	49,22

Pentosa	14,55
Lignin	54,46
Ekstraktif :	
-Kelarutan Dalam Air Dingin	1,96
-Kelarutan Dalam Air Panas	6,18
-Kelarutan Dalam Alkohol-Benzena	2,69
Kelarutan Dalam NaOH 1 %	17,14
Abu (ACK)	8,73

Sumber: Lempang, Wasrin dan Pari (2006)

D. Aspal

Sukirman (2003) menyatakan bahwa aspal merupakan material yang berbentuk padat sampai agak padat pada temperatur ruang dan bersifat termoplastis. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 10-15% berdasarkan volume atau 4-10% berdasarkan berat campuran.

Aspal memiliki fungsi sebagai pengikat diantara agregat dan aspal, antara aspal sendiri serta sebagai bahan isi, yaitu mengisi rongga-rongga antar butir agregat dalam campuran dan pori-pori yang ada pada agregat tersebut.

E. Gradasi/ Sebaran Butiran Agregat

Gradasi/ sebaran butiran agregat adalah susunan butir-butir agregat berdasarkan dimensi yang saling isi mengisi dan membentuk suatu ikatan saling mengunci, sehingga berpengaruh terhadap kualitas perkerasan (Bukhari, 2007).

Perincian gradasi agregat pada campuran aspal beton lapis pengikat sesuai dengan persyaratan Bina Marga (2014) disajikan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Amplop Gradasi/ Sebaran Agregat (AC-BC)

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat
ASTM	(mm)	AC-BC
1"	25,4	100
3/4"	19	90 - 100
1/2"	12,5	75 - 90
3/8"	9,5	66 - 82
No. 4	4,75	46 - 64
No.8	2,36	30 - 49
No. 16	1,18	18 - 38
No. 30	0,6	12 - 28
No. 50	0,3	7 - 20
No. 100	0,15	5 - 13
No. 200	0,075	4 - 8

Sumber: Bina Marga (2014)

III. METODE PENELITIAN

Langkah awal pada riset ini ialah memeriksa karakteristik ACK, aspal dan agregat. Berdasarkan pemeriksaan dihasilkan bahwa karakteristik material tersebut telah sesuai dengan syarat yang ditentukan. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan perhitungan komposisi campuran aspal, pembuatan sampel dan uji Marshall.

A. Pengujian Material Agregat

Agregat halus dan kasar yang dipakai merupakan batu kali yang dipecahkan oleh mesin penghancur batu (*stone crusher*) yang diperoleh dari PT. Gala Filla Mandiri, Kutacane, Kabupaten Aceh Tenggara. *Filler* yang dipakai yaitu portland semen serta gabungan portland semen dan ACK. ACK yang digunakan berasal dari perkebunan masyarakat sekitar Aceh Tenggara.

Pemeriksaan karakteristik agregat yang dilakukan meliputi: keausan, kekerasan, berat isi, berat jenis dan penyerapan, kelonjongan, kepipihan dan kelekatan terhadap aspal. Sedangkan untuk ACK hanya dilakukan pemeriksaan berat jenis.

B. Pengujian Material Aspal

Pemeriksaan karakteristik aspal dilakukan sebelum digunakan dalam campuran aspal. Riset ini menggunakan aspal keras dengan penetrasi 60-70. Pemeriksaan karakteristik aspal yang dilakukan yaitu: penetrasi, berat jenis, titik lembek dan daktilitas.

C. Perencanaan Campuran

1. Pemilihan gradasi agregat

Gradasi yang digunakan pada riset ini adalah gradasi menerus pada campuran Laston lapis pengikat (AC-BC) berdasarkan nilai antara pada batas atas dan batas bawah sesuai spesifikasi teknis Bina Marga (2014).

2. Penentuan variasi persentase aspal

Variasi persentase aspal ditentukan berdasarkan kadar aspal tengah. Variasi yang dipakai adalah 5 variasi persentase aspal yang masing-masing memiliki selisih 0,5%. Gradasi perencanaan pada riset ini menghasilkan besaran nilai untuk masing-masing jenis agregat yaitu: CA = 60,50%, FA = 33,50%, *Filler* = 6,00% dan konstanta yang digunakan ialah 0,75. Persentase

aspal tengah didapat melalui perhitungan dengan rumus di bawah ini:

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% Filler) + \text{Konstanta} \dots\dots\dots (1)$$

$$P_b = 0,035 \times 60,50 + 0,045 \times 33,50 + 0,18 \times 6,00 + 0,75$$

$$P_b = 2,12 + 1,51 + 1,08 + 0,75$$

$$P_b = 5,46 \%$$

Persentase aspal ideal tersebut, kemudian dibulatkan mendekati angka 0,5% sehingga diperoleh hasil 5,5%. Berdasarkan perhitungan di atas, dapat ditentukan variasi persentase aspal yang digunakan dalam riset ini yaitu: 4,50%, 5,00%, 5,50%, 6,00% serta 6,50% terhadap jumlah total berat campuran.

D. Pembuatan dan Pengujian Sampel

Sampel yang dibuat pada pada riset ini terdiri dari 3 (tiga) jenis yaitu:

1. Sampel pengujian untuk mencari kadar aspal optimum (KAO) dengan persentase variasi aspal menggunakan 100% semen portland sebagai *filler*;
2. Sampel pengujian dengan substitusi ACK sebesar 10% dan 20% terhadap berat total *filler* untuk mendapatkan KAO pada tiap-tiap persentase aspal;
3. Sampel pengujian dengan dan tanpa substitusi ACK pada KAO yang direndam selama 24 jam serta 30 menit dalam *waterbath* dengan suhu 60°C untuk memperoleh nilai durabilitas.

Setelah pembuatan sampel selesai, selanjutnya dilakukan uji Marshall. Dari pengujian Marshall didapat data-data sifat campuran Laston lapis pengikat (AC-BC) menggunakan aspal penetrasi 60-70 serta kombinasi *filler* ACK sebesar 0%, 10% dan 20% dengan semen portland dari jumlah berat *filler* dalam campuran.

Jumlah sampel untuk menentukan sifat-sifat campuran serta penentuan kadar aspal optimum (KAO) tanpa dan dengan ACK seperti terlihat pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Jumlah Sampel Tanpa dan Dengan

Substitusi ACK terhadap Jumlah Berat *Filler* Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Persentase Aspal	Jumlah Sampel 0% ACK	Jumlah Sampel 10% ACK	Jumlah Sampel 20% ACK
4,50%	3 buah	3 buah	3 buah
5,00%	3 buah	3 buah	3 buah
5,50%	3 buah	3 buah	3 buah
6,00%	3 buah	3 buah	3 buah
6,50%	3 buah	3 buah	3 buah
Jumlah	15 buah	15 Buah	15 Buah

Penentuan persentase KAO dilakukan dengan menggunakan cara *overlapping* dari kurva-kurva yang dihasilkan pada masing-masing karakteristik campuran aspal berdasarkan jenis campuran. Setelah memperoleh KAO dari tiap jenis campuran, selanjutnya dibuat sampel pada KAO tanpa menggunakan ACK sebagai pembanding dan sampel dengan substitusi ACK sebesar 10% serta 20% terhadap jumlah berat *filler*. ACK diracik pada kadar *filler* dalam campuran dengan berat tetap atau sama untuk semua variasi jenis campuran.

Setelah mendapatkan hasil KAO dengan maupun tanpa ACK pada sampel pengujian, selanjutnya dilakukan pembuatan sampel kembali pada KAO untuk direndam di dalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 24 jam dan 30 menit. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai ketahanan campuran terhadap perubahan cuaca/ iklim (durabilitas). Jumlah sampel untuk perhitungan nilai durabilitas terdapat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Sampel Untuk Nilai Durabilitas

Tipe Campuran Pada KAO	Jumlah Sampel	
	Rendam Selama 30 Menit (60°C)	Rendam Selama 24 Jam (60°C)
0% ACK (tidak menggunakan ACK)	3 buah	3 buah
Substitusi 10% ACK	3 buah	3 buah
Substitusi 20% ACK	3 buah	3 buah
Jumlah	9 buah	9 buah
	18 buah	

Jumlah keseluruhan sampel pada riset ini ialah seperti terlihat pada Tabel 6 pada halaman selanjutnya.

Tabel 6. Rekapitulasi Jumlah Total Sampel Riset

Jenis Sampel	Jumlah
Sampel menentukan KAO	45 buah
Sampel uji durabilitas	18 buah
Jumlah	63 buah

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Adapun hasil pemeriksaan karakteristik agregat dapat dilihat seperti dalam Tabel 7 di bawah ini:

Tabel 7. Hasil Uji Karakteristik Agregat

Jenis Pengujian Agregat	Satuan	Hasil	Syarat
Berat jenis	-	2,668	Min. 2,5
Absorption	%	0,341	Maks. 3
Berat isi	kg/dm ³	1,656	Min. 1
% Kepipihan	%	17,18	Maks. 10
% Kelonjongan	%	15,80	Maks. 10
Kekuatan terhadap tumbukan	%	8,53	Maks. 30
Keausan Agregat	%	20,04	Maks. 40
Daya lekat aspal terhadap agregat	%	98	Min. 95

Hasil pemeriksaan agregat berdasarkan karakteristik yang disyaratkan pada riset ini telah memenuhi ketentuan, kecuali parameter persentase kelonjongan dan kepipihan yang masih diatas ketentuan yang disyaratkan, yaitu lebih kecil dari 10%. Akan tetapi, terkait dengan parameter tersebut, pada persyaratan Bina Marga (2007), terdapat pengecualian yang menjelaskan apabila terdapat ketidaksesuaian, maka parameter tersebut boleh diabaikan, bila agregat tersebut telah memenuhi semua persyaratan lainnya, terutama hasil uji *impact* dan keausan

dengan mesin *Los Angeles* telah memenuhi syarat.

B. Hasil Pengujian Abu Cangkang Kemiri (ACK)

Pengujian karakteristik berdasarkan sifat fisis ACK yang dilakukan hanya pengujian berat jenis saja. Berat jenis ACK dibutuhkan untuk menghitung nilai-nilai dari karakteristik Marshall campuran aspal. Penggunaan ACK pada riset ini hanya dibatasi pada material yang lolos saringan No. 0,075 mm saja. Dari hasil pemeriksaan didapat nilai berat jenis ACK yaitu sebesar 1,423 kg/m³.

C. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Penetrasi 60-70

Hasil pengujian karakteristik aspal pen. 60-70 menunjukkan bahwa aspal yang digunakan telah memenuhi syarat. Hasil pengujian karakteristik aspal dapat dilihat pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Pen. 60-70

Jenis Pengujian Aspal	Hasil	Nilai Ketentuan
Berat jenis	1,031	Min. 1
Penetrasi, 25 °C; 100 gr; 5 det.; 0,1 milimeter	62	60 - 70
Titik lembek, °C	50,1	Min. 48
Daktilitas, 25° C, cm	140	Min.100

D. Hasil Uji Marshall untuk Mencari KAO tanpa ACK

Berdasarkan uji Marshall diperoleh nilai KAO yaitu sebesar 4,75% untuk campuran menggunakan 100% *filler* semen yang memenuhi semua persyaratan parameter Marshall.

Tabulasi hasil uji Marshall untuk memperoleh KAO campuran Laston lapis pengikat (AC-BC) dapat dilihat seperti dalam Tabel 9 di bawah ini:

Tabel 9. Data Uji Marshall dengan Masing-Masing Persentase Aspal Penet. 60-70 Menggunakan 100% *Filler* Semen

Sifat-Sifat Campuran	Persentase Aspal (%)					Persyaratan Bina Marga 2014
	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	
<i>Density</i> (gr/cm ³)	2.40	2.43	2.42	2.44	2.41	Min. 2
VIM (%)	4.57	2.66	2.53	0.78	1.35	3 - 5
VMA (%)	19.43	18.87	19.82	19.44	20.93	Min. 14
VFA (%)	76.45	85.96	87.27	95.99	93.60	Min. 65
Stabilitas (kg)	1631.48	1846.54	1278.99	1357.09	1118.22	≥ 800
Pelelehan (mm)	3.50	3.90	4.05	4.10	5.30	2,0 – 4,0
<i>MQ</i> (kg/mm)	473.98	468.49	314.11	330.82	211.52	Min. 250

E. Hasil Uji Marshall untuk Mencari KAO dengan Substitusi ACK

Berdasarkan hasil uji Marshall pada campuran Laston lapis pengikat dengan substitusi ACK, diperoleh nilai KAO untuk

campuran menggunakan 10% dan 20% ACK yaitu sebesar 4,60% dan 4,72%.

Tabulasi hasil uji Marshall untuk memperoleh KAO dengan substitusi ACK sebagai *filler* diperlihatkan dalam Tabel 10 sampai dengan Tabel 11 berikut:

Tabel 10. Data Uji Marshall dengan Masing-Masing Persentase Aspal Penet. 60-70 serta Kombinasi *Filler* ACK 10% dan Semen 90%

Sifat-Sifat Campuran	Persentase Aspal (%)					Persyaratan Bina Marga 2014
	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	
<i>Density</i> (gr/cm ³)	2.42	2.42	2.44	2.43	2.41	Min. 2
VIM (%)	3.37	2.71	1.04	0.71	0.82	3 - 5
VMA (%)	18.90	19.40	19.08	19.85	20.97	Min. 14
VFA (%)	82.20	86.02	94.56	96.45	96.08	Min. 65
Stabilitas (kg)	1722.10	1680.33	1549.91	1423.84	1067.88	≥ 800
Pelelehan (mm)	3.05	3.65	3.80	4.95	3.95	2,0 – 4,0
<i>MQ</i> (kg/mm)	565.01	461.26	409.11	290.90	271.30	Min. 250

Tabel 11. Data Uji Marshall dengan Masing-Masing Persentase Aspal Penet. 60-70 serta Kombinasi *Filler* ACK 20% dan Semen 80%

Sifat-Sifat Campuran	Persentase Aspal (%)					Persyaratan Bina Marga 2014
	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	
<i>Density</i> (gr/cm ³)	2.41	2.41	2.40	2.37	2.40	Min. 2
VIM (%)	3.25	2.52	2.04	2.66	0.78	3 - 5
VMA (%)	19.28	19.72	20.37	21.88	21.40	Min. 14
VFA (%)	83.16	87.21	89.97	87.85	96.40	Min. 65
Stabilitas (kg)	1883.62	2087.31	1323.14	1344.37	1372.67	≥ 800
Pelelehan (mm)	3.18	4.10	4.13	4.30	5.45	2,0 – 4,0
<i>MQ</i> (kg/mm)	593.01	506.52	320.54	312.64	252.92	Min. 250

E. Hasil Uji Marshall pada KAO Tanpa dan Dengan Substitusi ACK sebagai *Filler*

Berdasarkan data uji Marshall pada KAO tanpa dan dengan substitusi *filler* ACK sebesar 10% serta 20% terhadap berat total *filler* diperlihatkan seperti dalam Tabel 12 berikut:

Tabel 12. Data Uji Marshall pada KAO Tanpa dan Dengan *Filler* ACK

Sifat-Sifat Campuran	Kadar Aspal Optimum (%)			Syarat Bina Marga 2014
	0 ACK	10 ACK	20 ACK	
	4,75%	4,60%	4,72%	
<i>Density</i>	2,38	2,40	2,39	Min. 2
VIM	5,23	3,75	3,59	3 - 5
VMA	20,50	19,43	20,03	Min. 14
VFA	74,51	80,76	82,07	Min. 65
Stabilitas	2143,92	1903,35	2373,06	≥ 800
Pelelehan	3,15	3,25	3,08	2,0 – 4,0
<i>MQ</i>	681,17	583,98	624,82	Min. 250

F. Pembahasan Hasil Uji Marshall

Dari hasil riset, terlihat bahwa nilai *density* dari substitusi 10% dan 20% ACK sebagai *filler*

pada KAO tidak jauh berbeda dengan dan tanpa menggunakan ACK pada campuran AC-BC. Nilai *density* dengan dan tanpa substitusi ACK pada *filler* telah memenuhi syarat yakni ≥ 2 gr/cm³.

Persentase VIM pada campuran aspal tanpa substitusi ACK belum memenuhi syarat, yaitu sebesar 5,23%, sedangkan campuran dengan substitusi 10% dan 20% ACK sebagai *filler* pada KAO telah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Persentase VIM ini condong semakin mengecil seiring dengan penambahan kadar ACK dalam campuran. Hal ini terjadi karena *filler* ACK tersebut mempunyai ukuran yang sangat kecil sehingga dengan mudah bisa dan mampu mengisi rongga-rongga butiran agregat yang ada pada campuran aspal dengan baik.

Nilai VMA pada campuran aspal beton dari variasi persentase aspal tanpa dan dengan menggunakan ACK tidak memiliki perbedaan yang substansial. Kecil besarnya kadar VMA berkaitan erat dengan persentase aspal yang menutupi permukaan dan pori-pori butiran agregat. Persentase aspal yang tinggi akan

menghasilkan selimut aspal yang tebal pada agregat, sehingga rongga-rongga diantara agregat menjadi semakin besar.

Nilai VFA semakin tinggi bersamaan dengan bertambahnya nilai persentase ACK di dalam campuran aspal. Bertambahnya nilai VFA dikarenakan adanya kandungan *seklereida* dalam ACK, yang apabila dicampurkan dengan aspal dapat menyebabkan aspal menyelimuti agregat yang ada pada campuran dengan baik.

Berdasarkan hasil riset, stabilitas yang diperoleh lebih condong mengalami penurunan pada kadar persentase 10% ACK dibandingkan dengan 0% ACK, namun kembali mengalami peningkatan ketika substitusi ACK yang dilakukan sebesar 20%.

Nilai stabilitas tertinggi didapat pada kadar persentase ACK 20% yaitu sebesar 2.373,06 kg. Bertambahnya nilai stabilitas selain dikarenakan oleh semakin bertambahnya kadar persentase ACK dalam campuran, juga karena daya lekat aspal yang dicampur dengan ACK yang mempunyai kandungan *seklereida*, menjadi lebih kuat diantara agregat dan aspal pada campuran.

Nilai pelelehan dari ketiga variasi substitusi ACK pada campuran Laston lapis pengikat (AC-BC) telah sesuai dengan syarat yang ditentukan oleh Bina Marga Tahun 2014 yaitu berada diantara 2,00 s.d. 4,00. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan ACK sebesar 10% dan 20% sebagai bahan substitusi *filler* tidak menyebabkan campuran semakin lunak.

Nilai MQ pada campuran Laston lapis pengikat (AC-BC) dengan dan tanpa substitusi ACK yang dihasilkan cenderung memiliki nilai yang tinggi. Nilai MQ untuk campuran 0% ACK sebesar 681,17 kg/mm, substitusi 10% ACK sebesar 583,98 kg/mm dan substitusi 20% ACK sebesar 624,82. Nilai MQ ketiga campuran tersebut telah sesuai dengan syarat yang ditentukan yaitu lebih besar dari 250 kg/mm. Besarnya nilai Marshall Quotient (MQ) yang didapat menyimpulkan bahwa campuran aspal semakin kaku.

F. Hasil Uji Durabilitas

Durabilitas merupakan hasil perhitungan dari perbandingan nilai stabilitas yang diperoleh dari sampel yang diuji dan direndam dalam *waterbath* selama 24 jam dengan nilai stabilitas sampel yang diuji dan direndam selama 30 menit pada suhu 60 °C.

Nilai durabilitas pada KAO dari ketiga jenis campuran AC-BC tersebut dapat dilihat pada Tabel 13 berikut:

Tabel 13. Hasil Perhitungan Nilai Durabilitas Tanpa dan Dengan Substitusi ACK

Tipe Campuran Aspal	Stabilitas Sampel Rendaman 30 Menit	Stabilitas Sampel Rendaman 24 Jam	Nilai Durabilitas (%)
a	b	c	d = c/b*100
Tanpa ACK	2143,92	2080,24	97,03
Dengan 10% ACK	1903,35	1910,42	100,37
Dengan 20% ACK	2373,06	2398,64	101,08

Durabilitas pada campuran lapis aspal beton pengikat (AC-WC) dengan dan tanpa substitusi persentase ACK sudah memenuhi ketentuan Bina Marga (2014) yakni $\geq 90\%$. Dari hasil perhitungan terlihat bahwa semakin besar kadar persentase ACK pada campuran cenderung menghasilkan nilai durabilitas yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan ACK dapat meningkatkan keawetan campuran aspal dari perubahan iklim dan cuaca.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Stabilitas semakin bertambah seiring pertambahan kadar persentase ACK dalam campuran aspal. Penggunaan 20% ACK menghasilkan nilai stabilitas tertinggi yaitu sebesar 2.373,06 kg.
2. Semakin besar kadar persentase ACK pada campuran, maka VIM semakin menurun, Sementara nilai Marshall Quotient (MQ) dan VFA meningkat. VMA dan nilai *density* tidak mengalami perubahan yang signifikan.
3. Semakin tinggi kadar persentase ACK pada campuran laston lapis pengikat (AC-BC), maka nilai pelelehan cenderung menurun. Hal ini memperlihatkan bahwa campuran dengan ACK ini semakin kaku dan dapat menambah kualitas konstruksi perkerasan jalan dalam menerima beban roda kendaraan.

B. Saran

Riset selanjutnya disarankan mempergunakan variasi persentase abu cangkang kemiri (ACK) yang lebih tinggi agar dapat diketahui bagaimana pengaruhnya terhadap karakteristik Marshall campuran laston lapis antara (AC-BC).

REFERENSI

- Agusmaniza, R. 2020. *Pemanfaatan Filler ACKS dan Substitusi Plastik Ke Dalam Aspal Pada Campuran AC-WC*. Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi, Vol .6 No. 1, 99-105.
- Bukhari, dkk, 2007, *Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan*, Fakultas Teknik, Universitas Syia Kuala.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 2007, *Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Divisi VI Perkerasan Beraspal*, Edisi April 2007, Jakarta
- Direktorat Jendral Bina Marga, 2014, *Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2010 Revisi 3 Divisi 6*. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Lempang, M., Syafii, W dan Pari, G, 2011, *Struktur Komponen Arang serta Arang Aktif Tempurung Kemiri*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan dan Pengolahan Hasil Hutan, Bogor.
- Purwati, J dan Endra, L.,T, 2015, *Pengaruh Penggunaan Cangkang Kemiri dan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Untuk Meningkatkan Stabilitas Campuran AC-BC*, Tugas Akhir, Politeknik Negeri Sriwijaya, jurusan teknik sipil, Palembang.
- Sukirman, S, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Granit, Bandung.