

**ANALISIS KARAKTERISTIK MARSHALL PADA
CAMPURAN ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE
(AC-BC) MENGGUNAKAN LIMBAH PLASTIK HIGH-
DENSITY POLYTHYLENE (HDPE) DAN SERBUK ABU
TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI FILLER**

Daniel Budining Hartadi

Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas
Negeri Surabaya

E-mail: hartadidaniel@gmail.com

Purwo Mahardi, S.T., M.Sc.

Dosen Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: purwomahardi@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk sangat pesat di Indonesia. Seiring dengan hal tersebut berakibat pada meningkatnya mobilitas penduduk di berbagai daerah. Sehingga menimbulkan munculnya berbagai jenis kendaraan terutama kendaraan berat yang melintas di jalan raya. Salah satu sarana transportasi yang berperan penting dalam mobilitas penduduk sehari-hari adalah jalan. Oleh sebab itu melihat peningkatan mobilitas penduduk yang sangat tinggi maka diperlukan peningkatan kuantitas dan kualitas jalan yang memenuhi kebutuhan masyarakat..

Ada usaha memanfaatkan limbah di Indonesia ini untuk memperkuat jalan, salah satunya abu arang tempurung kelapa digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal beton. Pemakaian limbah abu tempurung kelapa sebagai *filler* merupakan salah satu alternatif yang diharapkan akan membantu kinerja campuran aspal AC-BC. *Filler* sendiri merupakan bahan berbutir halus yang lolos saringan No. 200. Abu Batu dan *fly ash* merupakan bahan yang sering digunakan sebagai *filler*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan limbah plastik HDPE sebagai campuran pada AC-BC dengan menggunakan karakteristik *Marshall*. Karakteristik *Marshall* yang digunakan sebagai campuran aspal bervariasi mulai 0%, 2%, 4%, 6% dari berat aspal yang digunakan. Hasil uji *Marshall* menunjukkan bahwa nilai

stabilitas, VFA, dan VMA mengalami peningkatan dengan bertambahnya kadar HDPE yang digunakan. Tetapi nilai VIM, MQ, *flow* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya persentase HDPE yang digunakan. Hal ini dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan HDPE pada campuran AC-BC akan memberikan nilai karakteristik *Marshall* yang lebih baik.

Kata Kunci: Abu Tempurung Kelapa, *Marshall*, AC-BC, HDPE

Abstract

Population development and growth is very rapid in Indonesia. Along with this in an increase of population mobility. So there are a lot of heavy equipment crossing on the highway. One of the means of transportation is roads which are basically needs in public activities. By seeing a very high increase in population mobility, it is necessary to increase the quantity and quality of roads that meet the needs of the public people.

There is an effort to utilize a waste in indonesia, one of which is the possibility that coconut shell charcoal ash is used as a filler in concrete asphalt mixture. The use of coconut shell ash as a filler is an alternative as well as is expected to help the performance of the AC-BC asphalt mixture. The filler itself is a fine-grained material that passes through No. 200 filter. Ash Stone and cement are materials that are often used as fillers.

*This research was conducted to determine the effect of the utilization of HDPE plastic waste as a mixture on AC-BC by using Marshall characteristics. Marshall characteristics used asphalt mixture of 0%, 2%, 4%, 6% of the weight of asphalt used. Marshall test results show that the stability value, VFA, and VMA have increased with increasing levels of HDPE used. But the value of VIM, MQ, *flow* has decreased along with the increasing percentage of HDPE used. It can be seen that the effect of adding HDPE to the AC-BC mixture will give a better Marshall characteristic value.*

Keywords : coconut shell charcoal ash, *Marshall*, AC-BC, HDPE

PENDAHULUAN

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk sangat pesat di Indonesia. Pastinya akan diikuti dgn mobilitas / pergerakan penduduk yang tinggi. Salah satu sarana transportasi adalah jalan yang merupakan kebutuhan pokok dalam kegiatan masyarakat. Untuk itu diperlukan peningkatan kuantitas dan kualitas jalan yang memenuhi kebutuhan masyarakat (Hardiyatmo,2017).

Aspal beton sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Hal ini disebabkan karena aspal beton mempunyai beberapa kelebihan dibanding dengan bahan-bahan lain, serta kemampuannya dalam mendukung beban berat kendaraan yang tinggi dan dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca. Lapis aspal beton (Laston) Lebih dikenal juga dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Lapisan ini

merupakan bagian dari lapis permukaan di antara lapis pondasi atas (*Base course*) dengan lapis aus (*Wearing course*) yang bergradasi agregat gabungan rapat/menerus, umumnya digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Laston memiliki tiga macam campuran salah satunya AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) lapisan ini berada dibawah lapisan aus. Tidak langsung berhubungan dengan kondisi cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang disalurkan melalui roda kendaraan dan ketebalan 6 cm (Sukirman,2003).

Permasalahan sampah di Indonesia juga merupakan masalah yang belum terselesaikan hingga saat ini. Sementara itu dengan bertambahnya jumlah penduduk maka akan mengikuti pula bertambahnya volume timbunan sampah yang dihasilkan dari aktivitas manusia. Limbah plastik merupakan masalah yang dianggap serius bagi lingkungan, karena plastik

merupakan bahan yang tidak dapat terurai oleh bakteri. Sampah plastik dapat diolah dan dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pada campuran beton. Limbah plastik di sekitar kita, seperti jenis botol plastik oli merupakan jenis plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) yang pada bagian dasar botol tertera angka dua dalam simbol daur ulang dapat dimanfaatkan (Tajudin, 2014).

High-density polyethylene (HDPE) merupakan salah satu jenis *thermoplastic* yang paling banyak digunakan pada aplikasi rumah tangga maupun industri. Kelebihan sifat mekanik HDPE ini menjadikan material tersebut ideal untuk dibentuk pada aplikasi produk-produk, dan lebih dari itu, artinya 100% dapat didaur ulang serta mampu berfungsi baik sebagai matrik komposit (Gnauck and Frundt, 1991).

Aspal merupakan sumber daya alam yang dapat habis jika digunakan terus-menerus. Oleh sebab itu perlu dicari bahan campuran aspal beton yang bisa memenuhi syarat dan dapat memperbaiki kinerja lapis perkerasan pada konstruksi

jalan. Penambahan limbah plastik *High-density polyethylene* (HDPE) diharapkan mampu menambah daya lekat aspal terhadap agregat kasar dan halus sebagai bahan penyusun aspal beton (Read, 2003).

Kelapa adalah salah satu jenis tanaman serba guna dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Seluruh bagian kelapa memberikan manfaat bagi manusia mulai dari akar hingga buahnya. Kelapa yang sudah dimanfaatkan akan menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan dari pengolahan tersebut terbuang sangat banyak . (Wesli, 2017).

Pemakaian abu arang tempurung kelapa sebagai *filler* merupakan salah satu alternatif sekaligus diharapkan akan diperoleh informasi mengenai sejauh mana pengaruh substitusi campuran limbah plastik dan abu arang tempurung kelapa sebagai *filler* terhadap kinerja campuran beton aspal AC-BC (*asphalt concrete-binder course*) serta memiliki tujuan untuk meningkatkan stabilitas aspal beton (Wesli, 2017).

Ada usaha untuk

memanfaatkan material ini salah satu kemungkinannya adalah abu tempurung kelapa digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal beton, namun hal ini juga diperlukan peran tanah dasar dalam member daya dukungnya dalam parameter CBR. *Filler* sendiri merupakan bahan berbutir halus yang lolos saringan No. 200. Abu Batu dan *fly ash* merupakan bahan yang sering digunakan sebagai *filler*.

Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, MQ dari penggunaan limbah plastik HDPE dan *filler* abu tempurung kelapa. hal ini akan bermanfaat dalam mengurangi limbah plastik HDPE selain itu juga untuk mengetahui pengaruh penggunaan serbuk abu tempurung kelapa sebagai *filler* pada campuran aspal beton AC-BC dengan limbah plastik HDPE sehingga dapat menjadi solusi untuk pemanfaatan limbah abu tempurung kelapa.

METODE

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah uji laboratorium. Pengujian ini merupakan bentuk khusus dari investigasi yang digunakan untuk menyelidiki bagaimana bentuk hubungan antara satu dengan lainnya. Penelitian ini dilakukan secara bertahap, menggunakan jurnal ilmiah dan penelitian-penelitian terdahulu sebagai referensi. Penelitian ini merupakan uji lab yang menguji lapis aspal beton hotmix pada AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) dengan penambahan limbah plastik HDPE (*High Density Polythylene*) plastik HDPE yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari botol oli bekas yang sudah dicuci kemudian dikeringkan dan selanjutnya dipotong kecil-kecil dengan ukuran sekitar 1cm persegi dengan *filler* abu tempurung kelapa (ATK) berasal dari tempurung kelapa yang dikeringkan kemudian dibakar selanjutnya arang hasil pembakaran di pecah-pecah dan ditumbuk hingga halus sampai lolos pada saringan no.200. ATK akan berpengaruh pada

karakteristik menggunakan alat *Marshall Test*. Benda uji yang akan digunakan adalah aspal, agregat halus, agregat kasar, bahan pengisi (*filler*), dan limbah plastik HDPE.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Merakindo Mix, Driyorejo, Gresik. Waktu penelitian dilakukan setiap hari Senin sampai Jumat mulai dari pukul 07.00 wib sampai dengan 14.00 wib. Gradasi agregat campuran aspal menggunakan gradasi Laston (AC) dan jenis agregat dengan sistem gradasi terbuka dengan bahan penyusun di antaranya agregat batu pecah, *filler* ATK dan aspal penetrasi 60/70 pertamina untuk membuat benda uji.

Target penelitian ini adalah ini adalah pengaruh penambahan plastik HDPE dalam campuran aspal beton *binder-course* (AC-BC) dengan abu tempurung kelapa sebagai *filler*. Variabel dalam penelitian ini ada variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol dimana variabel bebas dalam penelitian ini adalah campuran laston AC – BC yang ditambah dengan plastik HDPE dengan variasi 0%, 2%, 4%, 6%.

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai parameter-parameter *Marshall* yaitu nilai kepadatan, nilai stabilitas, nilai kelelahan, *Marshall Quotient*, nilai VFA, nilai VMA dan nilai VIM. Sedangkan Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah campuran laston AC – BC dengan penggantian *filler* menggunakan abu tempurung kelapa dengan kadar yang sudah diujikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian material untuk mengetahui sifat-sifat material yang digunakan, yaitu agregat, *filler*, dan aspal. Agregat yang digunakan adalah agregat ukuran 0-5 mm, 5-10 mm, 10-15 mm, 15-20 mm, *filler* menggunakan abu tempurung kelapa, dan aspal menggunakan aspal minyak pertamina penetrasi 60/70. Penggunaan *filler* abu tempurung kelapa selain sebagai bahan pengisi dalam campuran, kandungan silika sebesar 2,7% yang terdapat pada abu tempurung kelapa apabila bercampur

dengan aspal akan membuat campuran menjadi keras dan kaku. Karena menurut Said Jalalul Akbar dan Wesli, (2017) abu arang tempurung kelapa mengandung senyawa karbon nonpolar sama seperti senyawa karbon yang terdapat pada aspal diharapkan penambahan ini dapat memperbaiki kinerja campuran aspal beton. Dengan adanya silika pada abu arang tempurung kelapa ini nantinya juga akan membantu penyelimutan dari partikel agregat sehingga rongga rongga kosong dapat terisi, menurut spesifikasi bina marga 2010 divisi 6 *filler* harus kering dan bebas dari pengumpulan dan bila diuji dengan pengayakan basah harus mengandung bahan yang lolos saringan No. 200 tidak kurang dari 70 % beratnya. Berikut adalah hasil tes laboratorium kandungan abu tempurung kelapa :

Tabel 1. Hasil Tes kandungan ATK

Sumber : Data Primer

Komposisi campuran dilakukan berdasarkan analisis saringan menggunakan alat saringan agregat dari ukuran bukaan saringan 1” hingga

bukaan saringan No. 200, yang selanjutnya akan menghasilkan gradasi untuk pencampuran AC-BC. Komposisi gradasi campuran dapat dilihat pada Tabel berikut:

Compound	Si	P	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Eu	Yb
Conc	2,7	1,8	24,3	12,3	0,61	0,42	1,2	53,5	0,2	1,4	0,7	0,9
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Tabel 1. Gradasi Campuran AC-BC

Nomor Saringan	BIN IV		BIN III		BIN II		BIN I		FILLER		TOTAL	SPESIFIKASI
		12		23		33		30		2		
1"	100	12,0	100	23,0	100	33,0	100	30,0	100	2,0	100,0	100
3/4"	70,5	8,5	100	23,0	100	33,0	100	30,0	100	2,0	96,5	90 - 100
1/2"	5,55	0,7	91,9	21,1	100	33,0	100	30,0	100	2,0	86,8	71 - 90
3/8"	1	0,1	21,55	5,0	97,1	32,0	100	30,0	100	2,0	69,1	58 - 80
No. 4	0,35	0,0	0,95	0,2	47,3	15,6	99,9	29,97	100	2,0	47,8	37 - 56
No. 8	0	0,0	0,55	0,1	12,1	4,0	83,15	24,95	100	2,0	31,1	23 - 34.6
No. 16	0	0,0	0	0,0	1,05	0,3	59,65	17,90	100	2,0	20,2	15 - 22.3
No. 30	0	0,0	0	0,0	0,5	0,2	42,15	12,65	100	2,0	14,8	10 - 16.7
No. 50	0	0,0	0	0,0	0	0,0	24,15	7,25	100	2,0	9,2	7 - 13
No. 100	0	0,0	0	0,0	0	0,0	16,5	4,95	99,3	2,0	6,9	5 - 11
No. 200	0	0,0	0	0,0	0	0,0	8,2	2,46	99	2,0	4,4	4 - 8

Sumber: Data Primer.

Tabel 2. Proporsi Agregat Benda Uji

% Agregat	Agregat kasar	Berat Agregat	Kumulatif Agregat
12	15-20 mm	130	138
23	10-15 mm	264,5	402,5
33	5-10 mm	379,5	782
30	0 - 5 mm	345	1127
2	Filler	23	1150

Sumber: Data Primer

Setelah komposisi gradasi campuran sudah ditentukan, selanjutnya dilakukan perencanaan perkiraan kadar aspal berdasarkan gradasi agregat campuran. Rumus yang digunakan untuk menentukan kadar aspal rencana adalah sebagai berikut:

$$Pb = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K$$

Dimana :

Pb = Nilai kadar aspal rencana

CA = Agregat kasar, % agregat tertahan saringan No.8

FA = Agregat halus, % agregat lolos saringan No.8, tertahan saringan No.200

FF = % agregat minimal 75% lolos No.200

Perhitungan

K = Nilai konstanta

= 0,5 - 1,0 untuk laston

Perhitungan

$$\%CA = 100\% - 31,1\% = 68,9\%$$

$$\%FA = 68,9\% - 4,4\% = 26,6\%$$

$$\%FF = 4,4\%$$

Konstanta yang dipakai adalah 1,0
 $P_b = 0,035(68,9\%)+0,045(26,6\%)+0,18(4,4\%)+1$
 $= 5,4\%$

Setelah diperoleh nilai P_b , maka dapat ditentukan variasi kadar aspal yaitu dengan mengambil dua nilai kadar aspal yang berada dibawah P_b dan dua nilai di atas P_b dengan selisih 0,5%. Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan variasi kadar aspal 4,4%, 4,9%, 5,4%, 5,9%, 6,4%. Untuk jumlah benda uji dibutuhkan 3 buah sampel pada setiap variasi kadar aspal yang akan diuji *Marshall*.

Dari hasil pengujian, diperoleh karakteristik *Marshall* yaitu stabilitas, *flow*, VMA, VFA, VIM, dan MQ. Berikut ini adalah hasil *Marshall test* dari beberapa variasi kadar aspal.

Tabel 3. Hasil uji *Marshall* untuk menentukan KAO

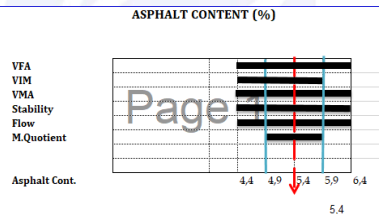
Kadar Aspal (%)	V.I.M	V.M.A	V.F.A
4,4	4,79	15,38	68,93
4,9	4,45	16,53	73,06
5,4	3,63	17,23	78,92
5,9	3,14	18,2	82,76
6,4	2,51	19,04	86,84

Kadar Aspal (%)	Stabilitas	Flow	M.Q
4,4	877,03	3,47	256,58
4,9	898,85	3,7	243,06
5,4	1038,47	3,8	273,82
5,9	1007,93	3,77	267,67
6,4	894,48	3,77	237,59

Sumber: Data Primer.

Penentuan kadar aspal optimum (KAO) didapatkan dari hubungan beberapa parameter pengujian aspal AC-BC dengan standar yang disyaratkan pada Spesifikasi Bina Marga 2010. Berikut tabel penentuan kadar aspal optimum.

Tabel 4. Penentuan KAO



Sumber: Data Primer

Dapat dilihat pada tabel di atas untuk mencari kadar aspal optimum berdasarkan hasil grafik stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, dan MQ, keenam grafik tersebut akan ditarik garis tengah yang mana hasil dari kadar aspal optimum ialah 5,4 .

Setelah didapatkan nilai tengah pada penentuan nilai KAO, selanjutnya membuat benda uji berdasarkan KAO

dengan penambahan plastik HDPE sebesar 0%, 2%, 4%, 6% dari berat kadar aspal optimum. Untuk jumlah benda uji dibutuhkan 3 buah sampel pada setiap variasi penambahan plastik HDPE. Berikut tabel perancangan campuran dengan penambahan plastik HDPE.

Tabel 5. Jumlah benda uji dengan penambahan plastik HDPE

Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji			
	0%	2%	4%	6%
KAO	3	3	3	3
KAO - 0,5	3	3	3	3
KAO + 0,5	3	3	3	3
Total	36 buah			

Sumber: Data Primer

Hasil *Marshall test* ditinjau untuk mengetahui kinerja dari benda uji aspal diantaranya nilai stabilitas, *flow*, VMA, VFA, VIM, dan MQ. Berikut analisa hasil pengujian *Marshall*.

a. Analisis Nilai Stabilitas

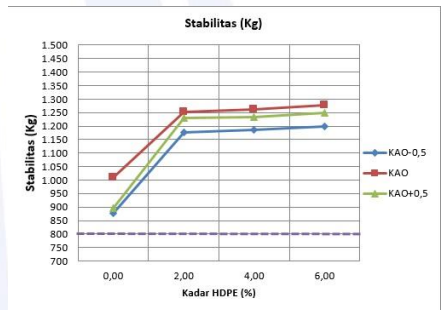
Nilai stabilitas digunakan sebagai parameter untuk mengukur ketahanan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti *bleeding*, alur dan gelombang. Nilai

stabilitas dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 2.

Tabel 6. Nilai Stabilitas

Kadar Stabilitas HDPE (%)	Nilai Stabilitas (kg)		
	KAO - 0,5 %	KAO	KAO + 0,5%
0	877,03	1007,93	894,48
2	1178,1	1252,28	1230,46
4	1186,83	1261	1234,82
6	1199,92	1278,46	1247,91

Sumber: Data Primer



Gambar 2. Grafik Nilai Stabilitas

Sumber: Data Primer

Dari grafik diatas terlihat bahwa penambahan plastik HDPE pada campuran AC-BC dapat meningkatkan nilai stabilitas. Campuran aspal dengan menggunakan KAO mempunyai nilai stabilitas lebih tinggi dibandingkan KAO-0,5% dan KAO+0,5%. Sedangkan pada Penelitian Eriyono dan Puspito (2017) tentang

penambahan plastik HDPE dengan *filler* abu batu pada campuran aspal ACBC disimpulkan karena penambahan plastik HDPE pada campuran aspal ACBC mampu meningkatkan nilai stabilitas campuran namun di penelitian ini peningkatan hanya karena penambahan plastik saja untuk perubahan karena *filler* tidak ada. Karena aspal plastik memiliki titik leleh yang tinggi sehingga campuran ini lebih tahan terhadap deformasi pada temperatur tinggi. Nilai stabilitas tertinggi dicapai pada campuran KAO dengan penambahan HDPE sebanyak 6% yaitu sebesar 1278,46 kg. Persyaratan untuk nilai stabilitas yaitu 800 kg, sehingga campuran tersebut memenuhi syarat minimal untuk stabilitas.

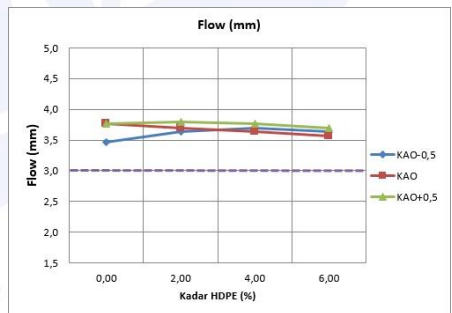
- b. Analisis Nilai *Flow*
- Flow* menunjukkan deformasi vertikal benda uji yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai

kestabilan maksimum. Nilai *flow* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain gradasi, kadar aspal, bentuk, dan permukaan agregat. Nilai *flow* dapat dibaca langsung dari pembacaan arloji *flow* saat pengujian *Marshall*. Hasil *flow* ditunjukkan pada Tabel 7 dan Gamba

Tabel 7. Nilai *Flow*

Kadar Stabilitas HDPE (%)	Nilai <i>Flow</i> (mm)		
	KAO - 0,5 %	KAO	KAO + 0,5%
0	3,47	3,77	3,77
2	3,63	3,7	3,8
4	3,7	3,63	3,77
6	3,63	3,57	3,7

Sumber: Data Primer



Gambar 3. Grafik Nilai *Flow*

Sumber: Data Primer

Penggunaan plastik HDPE dalam campuran AC-BC cenderung menaikkan nilai *flow*. Hasil *flow* meningkat pada kadar 2% dan cenderung

menurun seiring bertambahnya kadar HDPE yang dicampurkan. Namun pada penelitian Eriyono dan Puspito (2017) tentang adanya penambahan plastik HDPE dengan *filler* abu batu pada campuran beraspal memiliki pengaruh kinerja yang lebih baik dari aspal normal namun di penelitian ini perubahan hanya karena penambahan plastik saja untuk perubahan karena *filler* tidak ada. Nilai kelelahan campuran dengan KAO – 0,5% lebih rendah dibandingkan campuran yang lain, sehingga mempunyai karakteristik fisik yang lebih keras. Nilai kelelahan yang disyaratkan tidak boleh kurang dari 3 mm, sehingga nilai *flow* yang dihasilkan semua memenuhi spesifikasi.

c. Analisis Nilai VIM

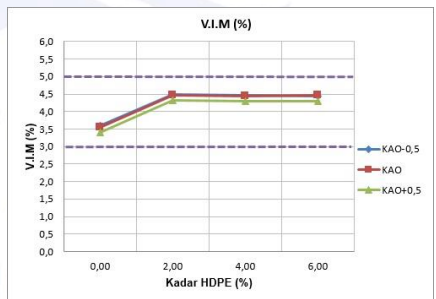
Nilai VIM menunjukkan nilai persentase pori atau

rongga udara yang terdapat dalam suatu campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap durabilitas, semakin besar nilai VIM menunjukkan campuran keropos. Proses ini mengakibatkan udara dan air mudah masuk ke dalam lapis perkerasan sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi yang dapat mempercepat penuaan aspal. Hasil nilai VIM ditunjukkan pada Tabel 8 dan Gambar 4.

Tabel 8. Nilai VIM

Kadar Stabilitas HDPE (%)	Nilai V.I.M (%)		
	KAO - 0,5 %	KAO	KAO + 0,5%
0	3,61	3,55	3,41
2	4,49	4,47	4,32
4	4,46	4,44	4,3
6	4,43	4,45	4,28

Sumber: Data Primer



Gambar 4. Grafik Nilai VIM

Sumber: Data Primer

Dari grafik terlihat bahwa penambahan HDPE pada campuran AC-BC meningkatkan nilai VIM. Tetapi nilai VIM menurun namun tidak terlalu signifikan seiring bertambahnya kadar plastik HDPE. Sama halnya dengan penelitian Sumiati, Mahmuda, Syapawi (2019) menyimpulkan bahwa penambahan plastik HDPE mengakibatkan nilai VIM mengalami penurunan dari aspal tanpa plastik namun mengalami kenaikan seiring bertambahnya kadar plastik pada campuran aspal. Sedangkan pada penelitian Eriyono dan Puspito (2017) tentang adanya penambahan plastik HDPE dan *filler* abu batu pada campuran beraspal memiliki pengaruh kinerja yang lebih baik dari aspal normal namun di penelitian ini peningkatan hanya karena penambahan plastik saja untuk perubahan karena *filler*

tidak ada. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya kadar HDPE yang digunakan, akan semakin mengisi rongga didalam campuran AC-BC walaupun tidak terlalu signifikan. Penggunaan aspal yang cukup banyak mempengaruhi nilai VIM yang kecil. Nilai VIM yang disyaratkan antara 3% - 5%, sehingga nilai VIM yang didapat semua memenuhi spesifikasi.

d. Analisis Nilai VMA

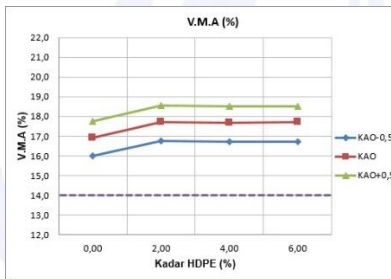
VMA adalah volume rongga udara diantara butir-butir agregat dalam campuran beraspal dalam kondisi padat. VMA atau rongga dalam agregat merupakan salah satu parameter penting dalam rancangan campuran aspal, karena pengaruhnya terhadap ketahanan dari campuran aspal. Nilai VMA menunjukkan banyaknya persentase aspal dari rongga yang terisis aspal. Nilai VMA

ditunjukkan pada Tabel 9 dan Gambar 5.

Tabel 9. Nilai VMA

Kadar Stabilitas HDPE (%)	Nilai V.M.A (%)		
	KAO - 0,5 %	KAO	KAO + 0,5%
0	15,98	16,92	17,77
2	16,74	17,71	18,55
4	16,72	17,68	18,53
6	16,7	17,69	18,51

Sumber: Data Primer



Gambar 5. Grafik Nilai VMA

Sumber: Data Primer

Dari hasil analisis, bahwa penambahan HDPE pada campuran AC-BC meningkatkan nilai VMA. Nilai VMA seiring bertambahnya kadar plastik serta kadar aspal optimum maka semakin besar pula nilai VMA namun peningkatan tersebut tidak terlalu signifikan. Pada penelitian Sumiati, Mahmuda, Syapawi (2019) disimpulkan terjadi kenaikan nilai VMA

disetiap penambahan kadar plastik HDPE dengan. Sehingga semakin banyak HDPE yang ditambahkan ke dalam campuran aspal tidak memberikan manfaat yang terlalu signifikan namun mengurangi daya lekat aspal terhadap agregat. Nilai VMA yang disyaratkan sebesar 14%, sehingga dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semua data memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

e. Analisis Nilai VFA

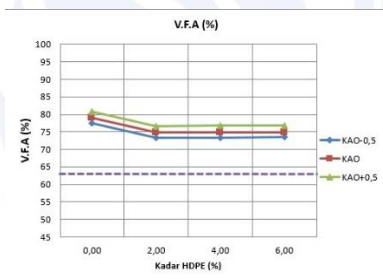
VFA adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat (VMA), sehingga antara nilai VMA dan VFA mempunyai kaitan yang sangat erat. Faktor – faktor yang mempengaruhi VFA antara lain kadar aspal, gradasi agregat, kekuatan pemadat dan absorpsi agregat. Kriteria VFA

bertujuan untuk menjaga keawetan campuran beraspal dengan memberi batasan yang cukup. Hasil VFA dapat dilihat pada Tabel 10 dan Gambar 6.

Tabel 10. Nilai VFA

Kadar Stabilitas HDPE	Nilai V.F.A		
	KAO - 0,5 %	KAO	KAO + 0,5%
0	77,43	79	80,82
2	73,21	74,76	76,7
4	73,35	74,88	76,79
6	73,45	74,83	76,86

Sumber: Data Primer



Gambar 6. Grafik Nilai VFA

Sumber: Data Primer

Penggunaan plastik HDPE sebagai bahan tambahan pada campuran seiring bertambahnya kadar plastik maka meningkatkan nilai VFA namun tidak terlalu signifikan seperti yang terlihat di grafik diatas. Dari hasil analisis dapat dilihat bahwa

meningkatnya nilai VFA akan berakibat berkurangnya penggunaan aspal dikarenakan terganti oleh plastik HDPE. Namun pada penelitian Sumiati, Mahmuda, Syapawi (2019) disimpulkan semakin banyak limbah plastik HDPE yang ditambahkan tidak memberikan nilai tambah pada campuran, sebaiknya dibatasi 2-4% agar didapatkan campuran yang kedap air dan tahan lama serta tidak mudah retak. Nilai minimal VFA sesuai spesifikasi sebesar 63%, sehingga hasil yang didapat memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dan semua penelitian ini menggunakan *filler* abu batu.

f. Analisis Nilai MQ

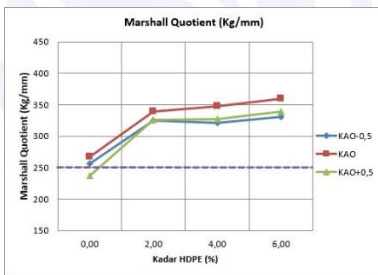
Nilai MQ menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Bila nilai MQ terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan mudah retak.

Sebaliknya bila nilai MQ terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil. Hasil MQ dapat dilihat pada Tabel 11 dan Gambar 7.

Tabel 11. Nilai MQ

Kadar Stabilitas HDPE (%)	Nilai M.Q. (Kg/mm)		
	KAO - 0,5 %	KAO	KAO + 0,5%
0	256,58	267,67	237,59
2	324,53	339,75	325,52
4	321,02	347,28	327,87
6	330,37	360,15	338,7

Sumber: Data Primer



Gambar 7. Grafik Nilai MQ

Sumber: Data Primer

Dari hasil di atas terlihat bahwa perbandingan nilai MQ pada ketiga campuran menunjukkan bahwa campuran pada KAO memiliki nilai MQ lebih tinggi. Pada penelitian Eriyono dan Puspito (2017) disimpulkan bahwa bahwa campuran aspal-plastik HDPE dan

filler abu batu dengan memiliki kekerasan yang lebih besar dibanding campuran aspal normal namun di penelitian ini peningkatan hanya karena penambahan plastik saja untuk perubahan karena *filler* tidak ada. Hal ini dikarenakan nilai stabilitas dari campuran pada KAO lebih tinggi dari campuran lainnya. Nilai MQ yang ditetapkan sesuai spesifikasi yaitu lebih dari 250 kg/mm, sehingga semua hasil yang didapat memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan pengaruh penambahan plastik HDPE dalam campuran AC-BC dengan abu tempurung kelapa sebagai *filler* pada karakteristik *Marshall* dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas, VMA, VFA, dan MQ mengalami peningkatan, sedangkan nilai *flow*, dan VIM mengalami penurunan. Hasil ini membuktikan bahwa adanya

perubahan namun tidak terlalu signifikan dikarenakan kandungan jumlah silika yang kecil. Dengan campuran aspal beton AC-BC yang paling optimal ialah KAO + 6%.

Saran

Selama proses pembuatan benda uji diusahakan untuk tetap fokus terutama ketika proses pencampuran material, menimbang berat benda uji, serta perlu adanya *maintenance* pada alat untuk membuat benda uji, serta *filler* perlu dibakar dengan suhu tinggi. Hal ini guna untuk menghindari kegagalan hasil data pada benda uji.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional 1991. SNI 06-2489-1991. *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Direktorat Jenderal Bina Marga Kementrian Pekerjaan Umum. 2010. *Spesifikasi Umum Edisi 2010 Revisi 1*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Kementrian Pekerjaan Umum.

Eriyono, Rian Wanardi dan Imam Hagni Puspito. 2017. "Pengaruh Penambahan Plastik High Density Polyethylene Pada Lapisan Perkerasan Aspal Beton AC-BC". Jakarta

Hardiyatmo, Hary. 2017. *Pemeliharaan Jalan Raya*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Gnauck, B., and Frundt, P., 1991, Properties High Density Polyethylene, Modern Plastic Encyclopedia 99, p.198.

Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Granit.

Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung : Nova.

Sumiati, Mahmuda dan Syapawi. 2019. "Perkerasan Aspal Beton (AC-BC) Limbah Plastik Hdpe Yang Tahan Terhadap Cuaca Ekstrem" dalam Construction and Material Journal, Volume 1, No. 1, Maret 2019. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.

Rahmawati, Anita. 2015. "Pengaruh Penggunaan Plastik Polyethylene (PE) dan High Density

Polyethylene (HDPE)
Pada Campuran Lataston-
WC Terhadap
Karakteristik *Marshall*".
Yogyakarta.

Read, John dan David
Whiteoak. 2003. *The Shell
Bitumen Handbook*.
London : The University
Press, Cambridge.

Tajudin, Anissa Noor dan Latif
Budi Suparma. 2017.
"Pemanfaatan Limbah
plastik HDPE Sebagai
Agregat Pengganti pada
Campuran Asphalt
Concrete – Binder Course
(AC-BC)" dalam Media
Komunikasi Teknik Sipil,
Vol 23, No.2, 2017, 166-
173. Semarang :
Universitas Diponegoro.

Yacob, Muhammad dan Wesli.
2017. "Pengaruh Kadar
Filler Abu Batu Kapur
Dan Abu Tempurung
Kelapa Terhadap
Karakteristik *Marshall*
Pada Campuran Aspal
Beton AC-BC" dalam
Teras Jurnal, Vol.7, No.1,
Maret 2017. Aceh :
Universitas Malikussalleh.

Sugiyono. 2012. *Metode
Kuantitatif Kualitatif dan
R&D*. Bandung: Alfabeta.