

Pemanfaatan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi *Filler* pada Campuran Perkerasan Asphalt Concrete – Binder Course

The Usage of Coconut Shell Ash as a Filler Substitution in Pavement Mixtures Asphalt Concrete – Binder Course

Silviya Widyastuti¹, Ari Widayanti²

¹Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya. Telp: (031) 8280009. Email : silviya.19011@mhs.unesa.ac.id

²Program Studi D-4 Transportasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya. Telp: (031) 8280009. Email : ariwidyatanti@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk di Indonesia sangat pesat. Seiring dengan hal tersebut berakibat pada meningkatnya mobilitas penduduk di berbagai daerah. Hal ini menimbulkan berbagai jenis kendaraan terutama kendaraan berat yang melintas di jalan raya. Salah satu prasarana transportasi yang berperan penting dalam mobilitas penduduk sehari-hari adalah jalan. Oleh sebab itu perlu adanya upaya peningkatan kuantitas dan kualitas jalan yang memenuhi kebutuhan masyarakat. Permasalahan sampah di Indonesia juga merupakan masalah yang belum terselesaikan hingga saat ini. Limbah kelapa sangat banyak di Indonesia dan kurangnya dimanfaatkan oleh manusia. Seluruh bagian kelapa memberikan manfaat bagi manusia mulai dari akar hingga buahnya. Penelitian ini memanfaatkan limbah di Indonesia untuk material jalan, yaitu abu tempurung kelapa yang digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal beton. Pemakaian limbah abu tempurung kelapa sebagai *filler* merupakan salah satu alternatif yang diharapkan akan meningkatkan kinerja campuran perkerasan AC BC (Asphalt Concrete – Binder Course). *Filler* merupakan bahan berbutir halus yang lolos saringan No.200. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi limbah tempurung kelapa, mengetahui pengaruh penggunaan abu tempurung kelapa sebagai *filler* pada campuran AC-BC berdasarkan karakteristik *Marshall*. Karakteristik *Marshall* yang digunakan sebagai campuran AC-BC dengan penambahan *filler* abu tempurung kelapa pada kadar yang sudah diujikan dengan variasi *filler* 3,5% dan 4%. Hasil uji *Marshall* menunjukkan bahwa nilai stabilitas, VMA, dan MQ dapat memenuhi seluruh parameter *Marshall* yang disyaratkan, sedangkan nilai *flow*, VIM, dan VFA masih belum memenuhi spesifikasi. Berdasarkan parameter *Marshall* nilai yang paling optimal adalah KAO 6,1% dengan variasi *filler* 3,5%.

Kata Kunci: Abu tempurung kelapa; *marshall*; AC-BC.

Abstract

The development and growth of the population in Indonesia is very rapid. Along with this, it results in increased population mobility in various regions. So that it causes the emergence of various types of vehicles, especially heavy vehicles that pass on the highway. One of the means of transportation that plays an important role in the daily mobility of the population is the road. Therefore, it sees an increase in the quantity and quality of roads that meet the needs of the community. The waste problem in Indonesia is a problem that has not been resolved to date. There is a lot of coconut waste in Indonesia and underutilized by humans. All parts of the coconut provide benefits to humans from the roots to the fruit. There are efforts to utilize this waste in Indonesia to strengthen roads, one of which is coconut shell ash used as filler in concrete mixtures. The use of coconut shell ash waste as filler is an alternative that is expected to help the performance of asphalt concrete - binder course pavement mixtures. Filler is a fine-grained material that passes the No.200 sieve. This research will be useful in reducing coconut shell waste and also to determine the effect of using coconut shell ash as filler in AC-BC asphalt concrete mixtures using Marshall characteristics. Marshall characteristics used as AC-BC mixture with the addition of coconut shell ash filler at levels that have been tested with 3.5% and 4% filler variations. The Marshall test results show that the stability, VMA, and MQ values can meet all the required Marshall parameters, while the flow, VIM, and

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p134-140>

VFA values still do not meet the specifications. Based on Marshall parameters, the most optimal value is KAO 6.1% from 3.5% filler variation..

Keywords: Coconut shell ash; marshall; AC-BC

PENDAHULUAN

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk di Indonesia sangat pesat. Hal ini berdampak pada peningkatan aktivitas dan mobilitas masyarakat pada kegiatan sehari-hari. Salah satu prasarana transportasi yang berperan penting dalam mobilitas penduduk sehari-hari adalah jalan. Oleh sebab itu diperlukan upaya peningkatan kuantitas dan kualitas jalan yang memenuhi kebutuhan masyarakat (Hartadi, 2021).

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi. Aspal beton (laston) sebagai bahan untuk konstruksi jalan yang sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Lapis aspal beton (laston) lebih dikenal juga dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Lapisan ini merupakan bagian dari lapisan permukaan diantara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*), yang bergradasi agregat gabungan rapat/menerus. Lapisan ini 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, sehingga tidak langsung berhubungan dengan kondisi cuaca (Anugraha, 2019).

Permasalahan sampah di Indonesia juga merupakan masalah yang belum terselesaikan hingga saat ini. Limbah kelapa sangat banyak di Indonesia dan kurangnya dimanfaatkan oleh manusia. 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 sangat banyak (Hartadi, 2019).

Pemakaian abu tempurung kelapa sebagai *filler* merupakan salah satu alternatif sekaligus diharapkan akan diperoleh informasi mengenai pengaruh substitusi abu tempurung kelapa (ATK) sebagai *filler* terhadap kinerja (*Asphalt Concrete – Binder Course*), serta bertujuan untuk meningkatkan stabilitas aspal beton (Hartadi, 2019).

Adanya usaha untuk memanfaatkan material ini salah satu kemungkinannya adalah abu tempurung kelapa (ATK) digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal beton. Limbah ini dapat diolah menjadi abu yang berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran aspal yang diharapkan dapat meningkatkan kekuatan serta keawetan pada

perkerasan jalan. Hal ini dikarenakan tempurung kelapa mempunyai kandungan silika (SiO_2) yang mempunyai sifat sama seperti semen. Pada penelitian ini digunakan tempurung kelapa sebagai bahan pengisi (*filler*), khususnya pada kinerja aspal beton (AC-BC).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, MQ dari abu tempurung kelapa. Hal ini akan bermanfaat dalam mengurangi limbah tempurung kelapa, dan mengetahui pengaruh penggunaan abu tempurung kelapa sebagai *filler* pada campuran aspal beton AC-BC. Upaya ini diharapkan menjadi solusi untuk pemanfaatan limbah abu tempurung kelapa.

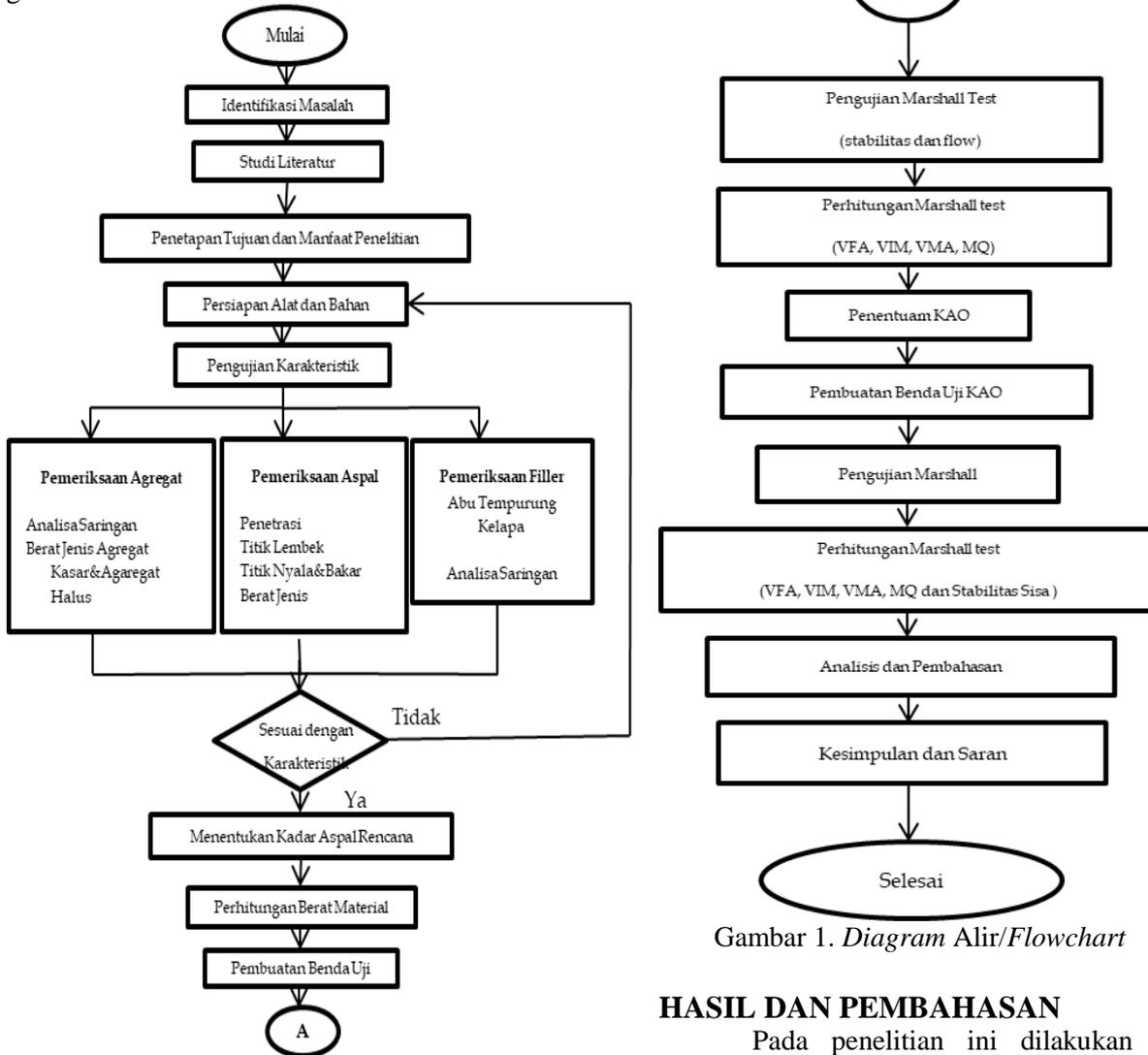
METODE

Jenis penelitian yang dilakukan berupa uji laboratorium. Pengujian ini merupakan bentuk khusus dari investigasi yang digunakan untuk menyelidiki 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 dilakukan pada AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) dengan penambahan *filler* dari abu tempurung kelapa. *Filler* yang digunakan berasal dari tempurung kelapa yang dikeringkan, kemudian dibakar, selanjutnya arang hasil pembakaran dipecah dan ditumbuk hingga halus sampai lolos pada saringan no. 200. Material yang digunakan berupa aspal, agregat halus, agregat kasar, dan bahan pengisi (*filler*).

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan dan Transportasi, Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Gradasi agregat campuran aspal menggunakan gradasi Laston (AC), dan jenis agregat dengan sistem gradasi terbuka dengan bahan penyusun diantaranya agregat batu pecah, *filler* ATK dan aspal penetrasi 60/70 Pertamina untuk membuat benda uji.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan abu tempurung kelapa sebagai *filler* dalam campuran *asphalt concrete binder-course* (AC-BC). Parameter yang ditinjau dalam penelitian ini adalah parameter *Marshall* berupa nilai stabilitas, kelelahan, *Marshall Quotient*, VFA, VIM, dan VMA. Campuran perkerasan AC-BC dengan penambahan *filler* menggunakan abu tempurung kelapa dengan kadar yang sudah diujikan yaitu variasi *filler* 3,5% dan 4%.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini.



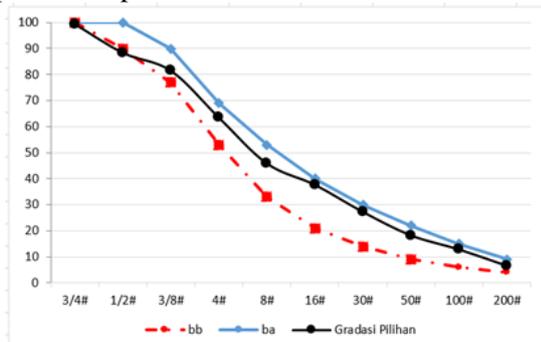
Gambar 1. Diagram Alir/Flowchart

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, aspal menggunakan aspal minyak Pertamina penetrasi 60/70, dan *filler* berupa abu tempurung kelapa. Penggunaan *filler* abu tempurung kelapa sebagai bahan pengisi dalam campuran. Kandungan silika pada abu tempurung kelapa apabila bercampur dengan aspal akan membuat campuran menjadi keras dan kaku. Karena menurut Said Jalalul Akbar dan Wesli (2017), abu tempurung kelapa mengandung senyawa karbon nonpolar sama seperti senyawa karbon yang terdapat pada aspal. Hal yang diharapkan adalah dapat memperbaiki kinerja campuran aspal beton. Adanya silika pada abu tempurung kelapa ini nantinya juga akan membantu penyelimutan dari partikel agregat sehingga rongga-rongga kosong dapat terisi. Variasi *filler* yang

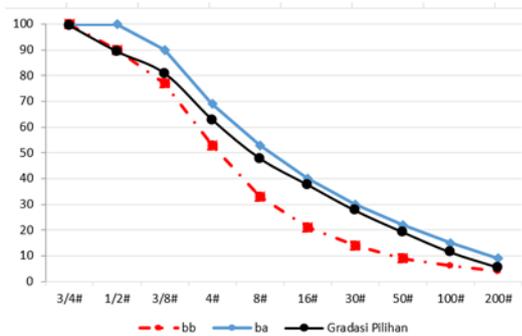
digunakan berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian terdahulu, bahwa nilai ideal (kadar *filler* optimum) terdapat pada penggunaan kadar *filler* 3,5% dan 4%.

Komposisi campuran dilakukan berdasarkan analisis saringan menggunakan alat saringan dari ukuran saringan 1” hingga saringan No.200, yang selanjutnya akan menghasilkan gradasi untuk pencampuran AC-BC. Komposisi gradasi campuran dapat dilihat pada Tabel berikut:



Gambar 2. Grafik Gradasi Gabungan Variasi *Filler* 4%

Sumber: Data Primer



Gambar 3. Grafik Gabungan Variasi *Filler* 3,5%
Sumber: Data Primer

Setelah komposisi gradasi campuran sudah ditentukan, selanjutnya dilakukan perencanaan perkiraan kadar aspal berdasarkan gradasi agregat campuran. Berdasarkan perhitungan didapatkan variasi kadar aspal pada *filler* 3,5% adalah 4,6%, 5,1%, 5,6%, 6,1% dan 6,6%, sedangkan pada *filler* 4% adalah 4,7%, 5,2%, 5,7%, 6% dan 7%. 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*, VIM, VFA, VMA, dan MQ. Berikut ini adalah hasil *Marshall* test dari beberapa variasi kadar aspal.

Tabel 1. Hasil uji *Marshall* untuk menentukan KAO variasi *filler* 4%

KAO Variasi <i>Filler</i> 4%					
Parameter	4,7%	5,2%	5,7%	6,2%	6,7%

Parameter	4,7%	5,2%	5,7%	6,2%	6,7%
Marshall	4,7%	5,2%	5,7%	6,2%	6,7%
Stabilitas	1091,5	925,1	1083,8	1002,5	1010,2
<i>flow</i>	1,4	1,9	0,7	0,6	0,9
VIM	3,0	6,3	5,7	6,9	3,1
VMA	9,95	9,8	12,4	14	10,7
VFA	70,1	36,1	53,8	50,8	71,5
MQ	759,76	478,49	1625,7	1769,1	1122,5

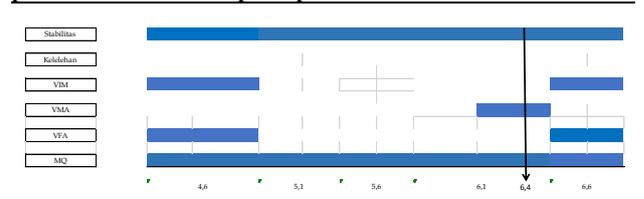
Sumber: Data Primer

Tabel 2. Hasil uji *Marshall* untuk menentukan KAO variasi *filler* 3,5%

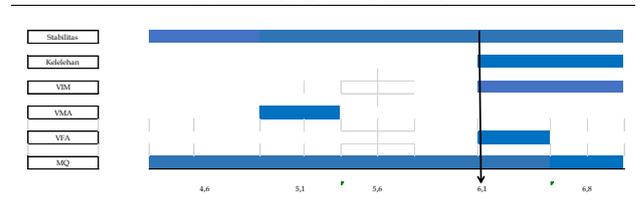
KAO Variasi <i>Filler</i> 3,5%					
Kadar Aspal					
Parameter	4,6%	5,1%	5,6%	6,1%	6,6%
Marshall	4,6%	5,1%	5,6%	6,1%	6,6%
Stabilitas	1010,2	983,1	1203,8	1114,7	1110,9
<i>flow</i>	1,5	1,3	1,7	2	2,3
VIM	7,8	6,6	7,1	3	3,2
VMA	13,1	14,4	12,9	10,7	9,4
VFA	40,7	54,5	45,0	73,1	66,3
MQ	688,8	776,2	694,5	597,2	490,1

Sumber: Data Primer

Penentuan kadar aspal (KAO) didapatkan dari hubungan beberapa parameter pengujian aspal AC-BC dengan standar yang disyaratkan pada Spesifikasi Bina Marga 2018. Berikut tabel penentuan kadar aspal optimum.



Gambar 4. Penentuan KAO Variasi *Filler* 3,5%
Sumber: Data Primer



Gambar 5. Penentuan KAO Variasi *Filler* 4%
Sumber: Data Primer

Dapat dilihat pada gambar di atas untuk mencari kadar aspal optimum berdasarkan hasil grafik stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, dan MQ. Grafik tersebut akan ditarik garis tengah yang mana hasil dari kadar aspal optimum ialah pada *filler* 3,5% adalah 6,1% dan pada *filler* 4% adalah 6,4%.

Setelah didapatkan nilai tengah pada penentuan nilai KAO, selanjutnya membuat benda uji kembali berdasarkan nilai KAO yang paling optimum. Untuk jumlah benda uji dibutuhkan 6 buah sampel pada setiap variasi. Berikut ini adalah komposisi KAO dari setiap variasi *filler* yang paling optimum. Di bawah ini adalah hasil dari perhitungan dari hasil

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

Tabel 3. Hasil Pengujian *Marshall* untuk Variasi Substitusi *Filler*

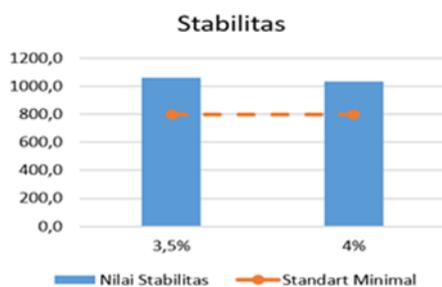
No	Karakteristik Campuran	Variasi Filler	
		6,1%	6,4%
		3,5%	4%
1	Stabilitas perendaman ½ jam	1060,6	1037,3
2	Kelelahan	0,8	1,2
3	VIM	6,7	6,5
4	VMA	14,0	12,5
5	VFA	52,0	48,0
6	<i>Marshall Quotient</i>	1325,7	889,1
7	Stabilitas perendaman 24 jam	1072,2	1002,5
8	Durabilitas	101,1%	96,6%

Sumber: Data Primer

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

a. Nilai Stabilitas

Nilai stabilitas digunakan sebagai parameter untuk memenuhi kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding* sebanding dengan kebutuhan jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat yang membutuhkan nilai stabilitas tinggi.

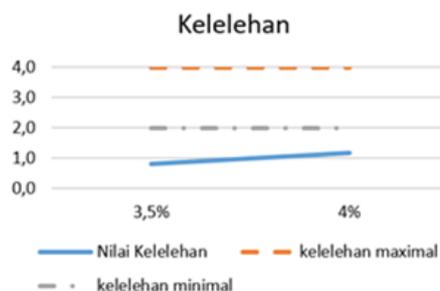


Gambar 6. Hasil dari Pengujian Stabilitas
 Sumber: Data Primer

b. Nilai Kelelahan/*flow*

Nilai kelelahan/*flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah

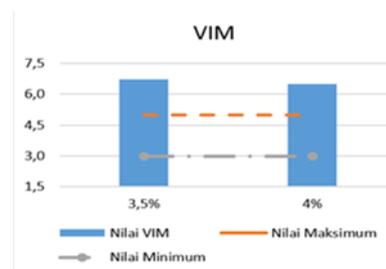
retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur.



Gambar 7. Hasil dari Pengujian *flow*
 Sumber: Data Primer

c. Nilai VIM

Nilai VIM pada campuran AC-BC adalah relative besar. Ini mengindikasikan bahwa potensi untuk terjadinya proses penuaan aspal akan semakin besar sebagai akibat banyaknya pori yang ada dalam campuran beton aspal hasil daur ulang. Banyaknya pori yang ada dalam campuran akan memungkinkan lebih banyak lagi udara (oksigen) yang bisa masuk dalam campuran sehingga proses oksidasi kemungkinan sangat besar terjadi yang berakibat pada besarnya laju pengerasan aspal (*hardening process/aging*). Akibat dari proses penuaan aspal (*hardening process/aging*), aspal akan semakin mudah mengalami retak. Sebaliknya jika nilai VIM terlalu rendah akan berpotensi menimbulkan jenis kerusakan berupa *hardening process/aging* serta kemungkinan terjadinya jenis kerusakan deformasi palstis berupa alur (*rutting*) pada perkerasan jalan.

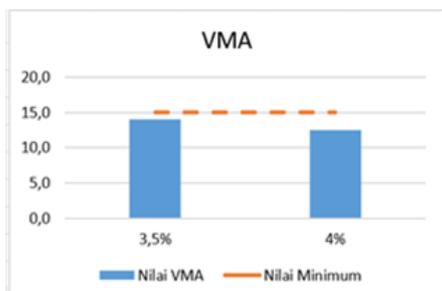


Gambar 8. Hasil dari Pengujian VIM
 Sumber: Data Primer

d. Nilai VMA

Nilai VMA dapat disimpulkan bahwa lapisan aspal beton AC-BC dengan substitusi *filler* Abu Tempurung Kelapa

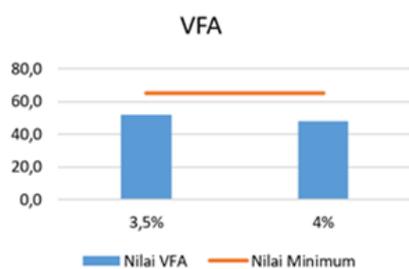
memiliki nilai VMA sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu 14% untuk kadar aspal 6,1% pada filler 3,5% yang menunjukkan campuran mempunyai pori udara diantara butir agregat yang lebih banyak dikarenakan ukuran gradasi yang lebih senjang untuk campuran AC-BC. Untuk kadar aspal 6,4% pada filler 4% tidak sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 mempunyai pori udara diantara butir agregat yang lebih sedikit dikarenakan ukuran gradasi yang lebih rapat.



Gambar 9. Hasil dari Pengujian VMA
Sumber: Data Primer

e. Nilai VFA

Nilai VFA dapat disimpulkan bahwa lapisan aspal beton AC-BC memiliki nilai yang lebih rendah yaitu untuk kadar aspal 6,1% pada filler 3,5% adalah 52% dan untuk kadar aspal 6,4% pada filler 4% adalah 48% yang menunjukkan nilai VFA kurang maka aspal tidak punya cukup ruang untuk mengisi rongga - rongga tersebut sehingga tidak dapat mengikat antar agregat. Kriteria VFA ini membantu agar campuran tidak mudah rutting terhadap beban lalu lintas berat.

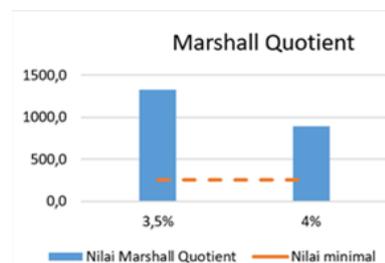


Gambar 10. Hasil dari Pengujian VFA
Sumber: Data Primer

f. Nilai MQ (Marshall Quotient)

Nilai MQ dapat disimpulkan bahwa lapisan aspal beton AC-BC dengan substitusi filler Abu Tempurung Kelapa memiliki nilai MQ (Marshall Quotient) yang lebih tinggi yaitu 1325,7 kg/mm yang menunjukkan campuran

mempunyai kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan 889,1 kg/mm tetapi juga tetap memiliki sifat lentur dan stabil karena masih dalam ketentuan Spesifikasi Bina Marga 2018.



Gambar 11. Hasil dari Pengujian MQ
Sumber: Data Primer

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pemanfaatan abu tempurung kelapa sebagai substitusi filler pada campuran perkerasan Asphalt Concrete – Binder Course dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas, VMA, dan MQ dapat memenuhi seluruh parameter Marshall yang disyaratkan, sedangkan nilai flow, VIM, dan VFA masih belum memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Berdasarkan parameter Marshall nilai yang paling optimal adalah KAO 6,1% dari variasi filler 3,5%.

Saran

Pada proses pembuatan benda uji diusahakan untuk tetap fokus terutama ketika proses pencampuran material, menimbang berat benda uji, serta perlu adanya pengecekan dan kalibrasi pada alat untuk membuat benda uji. Hal ini berguna untuk menghindari kegagalan hasil data pada benda uji.

REFERENSI

- Amania, A., Sarie, F., & Okrobianus, O. 2021. Pengaruh Penambahan Pasir Sirkon, Abu Kayu Dan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Daya Dukung Dan Kuat Geser Tanah. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(2), 63-70.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2008. Modul – 03C. Pengambilan Contoh dan Pengujian Campuran Aspal dan Agregat Untuk Campuran Beraspal. *Badan Penelitian Dan Pengembangan*, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan (*General*

Specifications of Bina Marga 2018 for Road Work and Bridges).

- Fitri,S. 2018. “Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Kresek Sebagai Substitusi Aspal Pen 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC” dalam *Jurnal Teknik Sipil, Vol 1, No.3. Januari 2018*. Aceh:Universitas Syiah Kuala.
- Hardiyatmo, H.C.2017. *Pemeliharaan Jalan Raya* Yogyakarta:Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo. H.C, 2015, *Pemeliharaan Jalan Raya Edisi Ketiga*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum, Edisi 2010 (Revisi 3).
- SNI-03-1959-1990 “Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar”
- SNI-06-2432-1991 “Daktilitas Aspal”

- SNI-06-2433-1991 “Titik Nyala Aspal”
- SNI-06-2434-1991 “Titik Lembek Aspal”
- SNI-06-2441-1991 “Berat Jenis Aspal”
- SNI-06-2456-1991 “Penetrasi Aspal”
- Sukirman Silvia, 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Sukirman, S.2003.*Beton Aspal Campuran Panas*.Jakarta:Granit.
- Sukirman, Silvia, 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan.
- Utomo,N&Furqoni C.S . 2019. “Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Material Pengisi Pada Campuran Perkerasan Jalan” dalam *Jurnal Envirotek, Vol 11, No.1, April 2019*. Jawa Timur :Universitas Pembangunan Nasional Jawa Timur.