

Available online at www.jurnal.abulyatama.ac.id/tekniksipil
ISSN 2407-9200 (Online)

Universitas Abulyatama Jurnal Teknik Sipil Unaya



Pengaruh Penggunaan Substitusi *Filler* Serbuk Kayu Pada Campuran Lapisan Aspal Beton

Fatullah Dani Pratama¹, Bunyamin*¹, Febrina Dian Kurniasari¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Iskandar Muda, 23234, Indonesia

*Email korespondensi: bunyamin@unida-aceh.ac.id

Diterima; April 2021; Disetujui; Juli 2021; Dipublikasi; Juli 2021

Abstract: *The asphalt concrete layer (Laston) consists of a mixture of coarse aggregate, fine aggregate, filler and asphalt. Aggregate is a component that is quite dominant as a constituent of the asphalt mixture, especially fine aggregate and portland cement. The filler that is often used to make laston is Portland cement. Most of the fillers have a high price, for that it is necessary to innovate by using a substitute for the arrangement of the asphalt mixture which is more profitable and efficient and the amount in the field is still large such as Wood Powder Ash (ASK) with a percentage of 0%, 5%, 10% , and 15% cement in the mixed layer of Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) with a total of 60 specimens. The purpose of this study was to determine the effect of ASK filler substitution on the composition of Fine Aggregate Sea Sand (AHL) and Fine Aggregate River Sand (AHI) 25% AHL and 75% AHI on asphalt content of 5.00% with stability. the value of 1,316.37 kg in the asphalt layer mixture that still meets the requirements of the Directorate General of Highways. The method used in this study is based on the requirements set by Bina Marga 2010 Revision 4 (2018). Based on the research results, the best composition for the ASK filler variation with the best substitution combination is the ASK 5% filler variation with a stability value of 1312.42 kg.*

Keywords: *Marshall parameters, Stability, Sawdust Ash, Filler*

Abstrak: Lapisan aspal beton (*laston*) terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal. Agregat merupakan komponen yang cukup dominan sebagai bahan penyusun campuran aspal khususnya agregat halus dan semen *portland*. Material pengisi yang sering digunakan untuk membuat laston adalah semen *Portland*. Sebagian besar bahan material *filler* mempunyai harga yang mahal, untuk itu perlu adanya inovasi dengan menggunakan bahan pengganti yang lebih menguntungkan dan efisien pada suatu susunan campuran aspal dan jumlahnya di lapangan masih banyak seperti Abu Serbuk Kayu (ASK) dengan persentase 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap semen pada campuran lapisan *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) dengan benda uji seluruhnya yaitu 60 benda uji. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh substitusi penggunaan *filler* ASK pada Agregat Halus Pasir Laut (AHL) dan Agregat Halus Pasir Sungai (AHI) komposisi 25% AHL dan 75% AHI pada kadar aspal 5,00% dengan nilai stabilitas yaitu 1316,37 kg pada campuran lapisan aspal yang masih memenuhi persyaratan Bina Marga. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berpedoman pada syarat-syarat yang ditetapkan oleh Bina Marga 2010 Revisi 4 (2018). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh komposisi terbaik untuk variasi *filler* ASK dengan kombinasi substitusi terbaik yaitu pada variasi *filler* ASK 5% dengan nilai stabilitas 1312,42 kg

Kata kunci : parameter Marshall, Stabilitas, Abu Serbuk Kayu, Filler.

Lapisan aspal beton (*laston*) terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, *filler* dan bahan pengikat/aspal. Agregat merupakan komponen yang cukup dominan sebagai bahan penyusun campuran aspal khususnya agregat halus dan semen *portland*. Seiring dengan meningkatnya pembangunan jalan, maka semakin tinggi pula permintaan akan bahan dasar untuk campuran aspal tersebut, sehingga suatu saat ketersediaannya dikhawatirkan akan habis. Faktor tersebut menyebabkan harga bahan penyusun campuran aspal khususnya semen *Portland* menjadi mahal dan berimbas terhadap pembangunan jalan. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dilakukan penelitian guna mencari alternatif bahan dasar campuran aspal khususnya semen *Portland* yang lebih mudah di dapat.

Abu Serbuk Kayu (ASK) adalah yang diperoleh dari hasil pembuangan di pabrik penggergajian kayu, menjadi ukuran yang bisa digunakan. Disimpulkan bahwa abu serbuk gergaji yang merupakan limbah industri, adalah salah satu inovasi yang menguntungkan dan memuaskan untuk bahan pengisi lapisan perkerasan jalan. ASK diperoleh dengan membakarnya dalam insinerator tanpa oksigen tertutup dan diayak menggunakan saringan No. 200, abu serbuk kayu yang digunakan harus dibakar dalam lingkungan anoksik untuk mencegah jenisnya kayu yang digunakan mempengaruhi sifat-sifat campuran. meskipun kinerjanya dapat ditingkatkan dengan menggabungkannya dengan bahan pengikat lainnya sebagai kapur, dan menjadi alternatif

penggunaan limbah industri untuk mengurangi biaya konstruksi jalan, pemilihan ASK sebagai *filler* diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi limbah yang tidak dimanfaatkan dengan maksimal dan mudah didapatkan. kandungan abu serbuk kayu hasil pembakaran yaitu berupa silika (SiO_2 mencapai 85%), kandungan ini apabila dicampurkan dengan semen dan pasir maka senyawa tersebut dapat memberikan tambahan daya ikat antar partikel.

KAJIAN PUSTAKA

Sukirman (2003), mengatakan laston adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang berat. Berdasarkan fungsinya, Laston terdiri dari tiga macam campuran, yaitu Laston lapis aus (AC-WC), Laston lapis pengikat (AC-BC) dan laston lapis pondasi (AC-Base). Laston lapis aus (AC-WC) merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan. Lapisan ini juga berfungsi sebagai pelindung konstruksi dibawahnya dari kerusakan akibat air dan cuaca, lapisan aus harus menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin.

Aspal

Perkerasan aspal (lapisan permukaan) merupakan lapisan yang terletak di atas permukaan lapisan *base course* dan merupakan lapisan teratas dari konstruksi lapisan perkerasan jalan raya. Perkerasan aspal (lapisan

permukaan) adalah lapisan yang berupa campuran aspal dengan agregat yang berfungsi sebagai penahan beban di atasnya secara langsung. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun (Sukirman, 2003). Aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat *termoplastis*). Fungsi dari aspal adalah sebagai berikut :

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat,
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori agregat.

Agregat

Menurut Saodang (2005), Agregat yaitu sekumpulan material yang terdiri dari pasir, kerikil dan batu yang dipecahkan baik merupakan hasil alam maupun buatan. Berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*).

Agregat merupakan material yang diperoleh dari batu alam ataupun batu pecah melalui proses pemecahan atau penghancuran. Agregat mempunyai fungsi penting dalam perkerasan jalan yang membentuk suatu ikatan yang dapat memberikan kualitas aspal karena agregat merupakan faktor kekuatan utama pada lapisan perkerasan jalan, dimana kadar agregat dalam campuran bahan perkerasan konstruksi jalan pada umumnya berkisar 90% – 95% berdasarkan persentase berat atau 75% - 85%

agregat berdasarkan persentase volume dari berat total (Wignall, et al, 2003). Bentuk dan ukuran agregat yang digunakan di dalam campuran beton sangat mempengaruhi mutu beton tersebut. Agregat di dalam campuran beton terdiri dari agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus terdiri dari pasir halus dengan diameter 2,36 mm dan pasir kasar dengan diameter 4,75 mm, sedangkan agregat kasar dengan diameter 31,5 mm (Bunyamin, 2019). Agregat yang digunakan dalam suatu campuran adalah sebagai berikut pasir halus lolos saringan 4,76 mm, pasir kasar lolos saringan 9,52 mm, kerikil lolos saringan 25,4 mm (Bunyamin Bunyamin, 2020).

Bahan Pengisi (*Filler*)

Menurut Fatmawati (2012) *filler* adalah abu mineral tembus ayakan No.200 (0,075) Jenis bahan *filler* secara umum terdiri dari abu limbah cangkang tiram (Salim & Rahmawati, 2019), debu batu kapur (*lime stone*) (Wang, Yang, Liu, Wan, & Pu, 2012), debu dolomit (Thakur, Pappu, & Thakur, 2019), semen *portland*, abu layang atau *fly ash* (Rahmawati, Aprilia, Saidi, & Aulia, 2021), atau material berukuran nano seperti nanosilika (Rahmawati, Aprilia, Saidi, & Aulia, 2020) dan carbon nanotube (Vilela Rocha, Ludvig, Constancio Trindade, & de Andrade Silva, 2019). Bahan pengisi (*filler*) yang digunakan dari limbah yang tidak terpakai dibersihkan dan dibakar mencapai suhu di atas 300⁰C serta diayak dengan menggunakan saringan standar ASTM No. 200 (Bunyamin Bunyamin & Mukhlis, 2020). Bahan pengisi dicampurkan ke dalam

aspal sebanyak 5 %, 10 %, dan 15 % (Abidin, Bunyamin, & Kurniasarir, 2021).

Abu Serbuk Kayu

Abu serbuk kayu merupakan hasil pembakaran dari limbah serbuk kayu. Hasil pembakaran abu serbuk kayu menunjukkan bahwa kandungan silika (SiO_2 mencapai 85%) Otoko (2014). Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari abu serbuk kayu sebagai *filler* diantaranya keberlimpahan abu serbuk kayu memberikan keuntungan bagi pengadaan bahan *filler* yang relatif murah dibandingkan dengan bahan lain yang relatif mahal dan sulit didapat. Serbuk kayu merupakan hasil olahan dari pohon yang diperkirakan banyak mengandung selulosa dan sangat potensial dijadikan filler (Rahmawati, Aprilia, Saidi, Aulia, & Ahmad, 2021). Abu serbuk kayu kelas kuat I jika dicampurkan ke dalam semen, maka akan menghasilkan mutu beton lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran abu serbuk kayu kelas kuat II dan III (B Bunyamin, Munirwan, Ridha, & Hendrifa, 2021)

Gradasi Agregat

Menurut Sukirman (2003), Gradasi agregat merupakan susunan butiran dari yang kasar hingga yang halus. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir, kadar aspal dan akan menentukan stabilitas serta kemudahan dalam proses pelaksanaan, seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Gradasi Agregat Laston Lapis Aus (AC-WC)

Ukuran Saringan		Laston Lapis (AC-WC)	
		% berat yang lolos	
Saringan	Ukuran (mm)	Spesifikasi	Gradasi
$\frac{3}{4}$ "	19	100	100
$\frac{1}{2}$ "	12,5	90-100	95
$\frac{3}{8}$ "	9,5	77-90	83,5
No. 4	4,75	53-69	61
No.8	2,36	33-53	43
No.16	1.18	21-40	30,5
No. 30	0,600	14-30	22
No. 50	0,300	9-22	15,5
No. 100	0.15	6-15	10,5
No. 200	0,075	4-9	6,5
<i>Filler</i>	0	0	0

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan adalah pengujian pengaruh penggunaan substitusi filler ASK pada campuran lapisan aspal beton di Laboratorium Transportasi Fakultas Teknik Universitas Iskandar Muda Banda Aceh. Metode yang digunakan adalah mengacu kepada Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi empat (2018) dan standar Nasional Indonesia (SNI).

Data yang diperlukan berupa data primer dan sekunder. Data primer yaitu karakteristik tiap bahan yang akan digunakan seperti

karakteristik agregat kasar dan halus, karakteristik aspal, dan filler ASK, Data tersebut didapatkan dengan menggunakan pengujian material. Data sekunder merupakan data pendukung data primer yang yang diperlukan dalam penelitian seperti daftar spesifikasi, angka kalibrasi alat dan sebagainya. Data sekunder dapat diperoleh dari studi literatur dan instansi terkait

Material

Material yang digunakan untuk pengujian tersebut diambil pada lokasi PT. Dana Dinamika Persada, Kec. Kuta Cot Glie, Kab. Aceh Besar. Penelitian yang akan diuji pada campuran ini menggunakan aspal beton dengan penetrasi 60/70, substitusi abu serbuk kayu sebagai (*filler*) yang diambil di limbah industri yang diperoleh dari penggergajian kayu atau panglong yang ada di kota Banda Aceh, dengan persentase (0%, 5%, 10%, dan 15%), Pengujian meliputi analisa saringan, berat jenis agregat, berat isi agregat, keausan agregat, serta kelekatan terhadap aspal.

Prosedur Pelaksanaan

Prosedur pelaksanaan penelitian ini didapat dari data-data berupa data primer dan sekunder 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 :

1. Persiapan

Persiapan yang dilakukan yaitu, persiapan bahan, dan juga persiapan alat-alat yang digunakan. Persiapan bahan sebelum digunakan dan pengecekan peralatan yang dilakukan pada

laboratorium. Adapun bahan yang diperlukan berupa aspal penetrasi 60/70, agregat kasar, agregat halus, abu serbuk kayu sebagai *filler*, dan semen *portland*(Kurniasari, Saleh, & Sugiarto, 2018).

2. Pengujian bahan

Pemeriksaan material yang digunakan mengikuti prosedur pemeriksaan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan yaitu pengujian sifat-sifat fisis agregat :

- i. Pemeriksaan berat jenis agregat
- ii. Pemeriksaan berat isi agregat
- iii. Keausan agregat

Perencanaan campuran aspal beton

Menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb). Benda uji dengan variasi kadar aspal pen 60/70 dan agregat dalam campuran laston lapis Aus (AC-WC). Kadar aspal tengah (pb) dapat dihitung dengan persamaan 1 .

$$Pb = 0.035 (\% CA) + 0.045 (\% FA) + 0.18 (\% filler) + K \quad (1)$$

Keterangan :

Pb :Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran;

CA :Persen agregat tertahan saringan no.4 (5 mm);

FA : Persen agregat lolos saringan no.4(5 mm) dan tertahan saringan no.200(0,075 mm);

Filler: Persen agregat minimal 75 % lolos no.200 (0,075 mm)

K : Nilai Konstanta;

Nilai Pb yang diperoleh dari penelitian ini adalah 5% sehingga benda uji campuran laston AC-WC dibuat pada kadar aspal 4,%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%.

Pembuatan Benda Uji

- Benda uji dengan variasi kadar aspal untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO).
- Benda uji dengan substitusi semen dan ASK dengan 0% ASK, 5% ASK, 10% ASK dan 15% ASK.
- Benda uji dengan dan tanpa substitusi agregat alam yang menghasilkan karakteristik Marshall terbaik untuk menghitung nilai durabilitas. Banyaknya benda uji untuk mengetahui sifat campuran penentuan KAO dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2 Jumlah Benda Uji Kadar Aspal Optimum

No	Kad	Kode Benda	Jumla
1	Pb –	XA1,XA2,X	3
2	Pb –	XB1,XB2,X	3
3	Pb	XC1,XC2,X	3
4	Pb +	XD1,XD2,X	3
5	Pb +	XE1,XE2,XE	3
Jumlah			15

Sumber: Penulis

Setelah diperoleh Kadar Aspal optimum (KAO) dengan substitusi Agregat Halus Pasir Laut (AHL) maka dilanjutkan pembuatan sampel dengan penambahan *filler* abu serbuk kayu (ASK) dan semen *portland* (PC) dengan rendaman 30 menit, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 3 Jumlah Benda Uji *filler* Abu Serbuk Kayu (ASK)

Kombinasi	Kadar Aspal	Kode Benda	Jumlah
0%	KAO	BA1, BA2, BA3	9
	KAO	BB1, BB2, BB3	
	KAO _(A1)	BC1, BC2, BC3	
5%	KAO	CA1, CA2, CA3	9
	KAO	CB1, CB2, CB3	

10%	KAO _(A1)	CC1, CC2, CC3	9
	KAO	DA1, DA2, DA3	
	KAO	DB1, DB2, BB3	
15%	KAO _(A1)	DC1, DC2, DC3	9
	KAO	EA1, EA2, EA3	
	KAO	EB1, EB2, EB3	
KAO _(A1)			EC1, EC2, EC3
Jumlah			36

Sumber : Penulis

Setelah dilakukan pengujian pada campuran *filler* abu serbuk kayu (ASK) serta substitusi Agregat Halus Pasir Laut (AHL) diperoleh nilai presentase terbaik. Kemudian dilakukan pembuatan benda uji kembali untuk melihat nilai durabilitas pada rendaman 24 jam seperti yang terlihat pada tabel 3.

Tabel 4 Jumlah Benda Uji Durabilitas

Kombinasi Percobaan	Jumlah
Benda Uji	
Campuran KAO Terbaik	3
Campuran ASK dengan PC Terbaik	3
Jumlah	6

Sumber: Penulis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dan aspal meliputi pemeriksaan Keausan agregat dengan *Mesin Los Angeles*, Berat Jenis, Penyerapan Terhadap Air dan Berat Isi. Dari hasil pemeriksaan, sifat-sifat fisis agregat yang digunakan telah memenuhi persyaratan. Berikut hasil pemeriksaan sifat fisis agregat kasar, agregat halus dan aspal pen 60/70 yang memenuhi semua spesifikasi Bina Marga (2018) yang diperlihatkan pada Tabel 5 s/d 7.

Tabel 5 Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Agregat Kasar

Sifat-sifat Fisis yang Diperiksa	Satuan	Hasil	Bina Marga (2018)
Berat Jenis	-	2,8	Min. 2,5
Penyerapan	%	0,495	Maks. 3
Berat Isi	kg/cm ³	1.609	Min. 1
Keausan (los angeles)	%	21,52	Maks. 40

Sumber: Penulis

Tabel 6 Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Agregat Halus

Sifat-sifat Fisis yang Diperiksa	Satuan	Hasil	Bina Marga (2018)
Berat Jenis	-	2,80	Min. 2,5
Penyerapan	%	0,70	Maks. 3

Sumber: Penulis

Tabel 7 Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Aspal Pen. 60/70

Sifat-sifat Fisis Aspal	Satuan	Hasil	Spesifikasi Bina Marga (2018)
Berat jenis	-	1,020	Min. 1
Penetrasi (0,1 mm)	(0,1 mm)	64	60 - 70

Sumber: Penulis

Hasil Pengujian Marshall Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

Hasil pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal 4,00%, 4,50%, 5,00%, 5,50%, dan 6,00%, selanjutnya dianalisa untuk memperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh sebesar 5,50% dan nilai KAO tersebut divariasikan menjadi 3 kadar aspal 5,00%, 5,50%, dan 6,00%. Hasil pengujian parameter Marshall untuk penentuan kadar aspal optimum disajikan pada Tabel 7 Untuk lebih jelasnya perhitungan parameter marshall pada Kadar Aspal Optimum (KAO).

Tabel 8 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall KAO

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)				
	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
VIM (%)	10,71	7,63	3,61	3,47	3,24
VMA (%)	19,95	18,29	15,87	16,87	17,77
VFA (%)	46,76	58,44	77,63	79,55	81,93
Stabilitas (Kg)	1363,81	1521,93	1531,90	1406,78	1402,43
Kelelehan (mm)	3,10	3,87	2,27	2,33	2,47
MQ (Kg/mm)	451,53	406,29	757,93	626,44	588,59

Sumber: Penulis

Hasil Pengujian Marshall dengan substitusi Agregat Halus Pasir Laut (AHL) terbaik didapat pada presentase 25% AHL dan 75% AHI dengan kadar aspal 5,00% untuk campuran AC-WC menggunakan *filler* Abu Serbuk Kayu (ASK) dengan persentase 5%, 10%, dan 15% dari berat total *filler*.

Tabel 9 Hasil Pengujian Marshall Substitusi AHL dengan Kadar Aspal 5,00% dan Penambahan Filler ASK.

Karakteristik Campuran	Persentase Filler ASK (%)		
	5%	10%	15%
VIM (%)	3,91	4,41	4,76
VMA (%)	15,88	16,31	16,62
VFA (%)	75,41	72,96	71,41
Stabilitas (Kg)	1312,42	1304,51	1284,75
Kelelehan (mm)	2,6	2,6	2,6
MQ (Kg/mm)	514,85	498,72	489,48

Pembahasan Hasil Pengujian Marshall

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kadar aspal optimum terbaik pada kadar aspal 5,00% untuk kombinasi *filler* ASK 5%, 10% dan 15%, dengan penggunaan kombinasi substitusi AHL 25% dan AHI 75%. Semua parameternya telah memenuhi

Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 4 (2018).

Nilai VIM (Void In Mix)

Tabel 10 Nilai VIM Komposisi Subtitusi AHL dengan Penambahan Filler ASK

No	Komposisi Subtitusi AHL dengan Penambahan Filler ASK	Kadar Aspal (%)
		5,00%
1.	0%	3,06
2.	5%	3,91
3.	10%	4,41
4.	15%	4,76

Berdasarkan pada Tabel 10 memperlihatkan bahwa nilai VIM pada subtitusi agregat halus pasir laut dengan penambahan *filler* abu serbuk kayu mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya komposisi *filler* abu serbuk kayu yang disebabkan adanya kandungan senyawa silika (SiO_2) pada abu serbuk kayu yang mampu memberikan tambahan daya ikat antar partikel. Nilai VIM pada Tabel 4.16 menunjukkan bahwa nilai VIM telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 4 (2018) yaitu 3% - 5%.

Nilai VMA (Void Mineral Agregat)

Tabel 11 Nilai VMA Komposisi Subtitusi AHL dengan Penambahan Filler ASK

No	Komposisi Subtitusi AHL dengan Penambahan Filler ASK	Kadar Aspal (%)
		5,00%
1	0% ASK	15,14
2	5% ASK	15,88
3	10% ASK	16,31
4	15% ASK	16,62

Berdasarkan pada Tabel 11 dapat dilihat subtitusi agregat halus pasir laut dengan penambahan *filler* abu serbuk kayu mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan oleh kualitas pemadatan yang kurang baik sehingga benda uji memiliki rongga cukup besar namun masih memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 4 (2018) yang disyaratkan yaitu $\geq 15\%$. Nilai VMA terendah adalah 15,14 yang terjadi pada komposisi 0% dengan kadar aspal 5%, sedangkan untuk nilai VMA tertinggi adalah 16,62 yang terjadi pada komposisi 15% pada kadar aspal 5%.

Nilai VFA (Void Filled By Asphalt)

Tabel 12 Nilai VFA Komposisi Subtitusi AHL dengan Penambahan Filler ASK

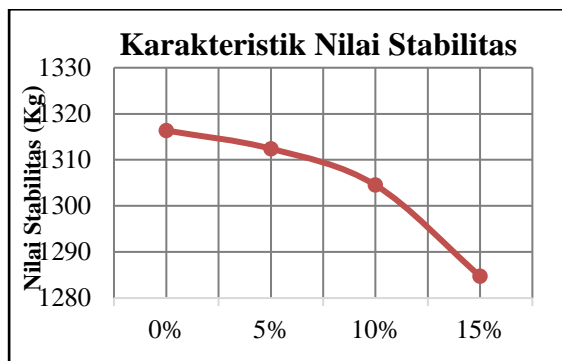
No	Komposisi Subtitusi AHL dengan Penambahan Filler ASK	Kadar Aspal (%)
		5,00%
1	0% ASK	79,78
2	5% ASK	75,41
3	10% ASK	72,96
4	15% ASK	71,41

Pada Tabel 12 menunjukkan bahwa nilai VFA mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya komposisi *filler* abu serbuk kayu. Hal ini disebabkan karena rongga pada campuran aspal telah terisi oleh *filler* abu serbuk kayu sehingga mengurangi kadar aspal yang seharusnya menyelimuti agregat. Nilai VFA tertinggi adalah 79,78 pada komposisi 0% ASK, sedangkan untuk nilai VFA terendah adalah 71,41 pada komposisi 15% ASK, dari Tabel 12 menunjukkan bahwa nilai VFA telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 4

(2018) yaitu $\geq 65\%$.

Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh dari nilai yang ditunjukkan oleh jarum dial pada alat uji. Nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat Marshall. Nilai Stabilitas pada campuran laston lapis aus (AC-WC) menggunakan aspal pen. 60/70 komposisi substitusi agregat halus pasir laut dengan penambahan *filler* abu serbuk kayu 5%, 10%, dan 15% dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Pengaruh komposisi substitusi AHL dengan penambahan *filler* ASK

Dari Gambar 1 menunjukkan nilai stabilitas dengan komposisi substitusi agregat halus pasir laut dan penambahan *filler* abu serbuk kayu mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya komposisi *filler* abu serbuk kayu. Hal ini disebabkan karena adanya campuran pasir laut yang mengakibatkan nilai stabilitas menurun. Untuk nilai stabilitas dengan komposisi substitusi agregat halus pasir laut dan penambahan *filler* abu serbuk kayu telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 4 (2018) yaitu ≥ 800 kg.

Nilai Flow

Tabel 13 Nilai *Flow* Komposisi Substitusi AHL dengan Penambahan *Filler* ASK

No	Komposisi Substitusi AHL Laut dengan Penambahan <i>Filler</i> ASK	Kadar Aspal (%)
		5,00%
1	0% ASK	2,5
2	5% ASK	2,6
3	10% ASK	2,6
4	15% ASK	2,6

Dari Tabel 13 menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan substitusi agregat halus pasir laut dan *filler* abu serbuk kayu mengalami peningkatan pada nilai *flow*. Adapun nilai *flow* tertinggi yaitu sebesar 2,6 pada komposisi 15% ASK, sedangkan untuk nilai *flow* terendah adalah 2,5 pada komposisi 0% ASK, dari Tabel 13 diketahui bahwa nilai *flow* telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 4 (2018) yaitu 2-4 mm.

Marshall Quotient (MQ)

Tabel 14 Nilai *MQ* Komposisi Substitusi AHL dengan Penambahan *Filler* ASK

No	Komposisi Substitusi AHL dengan Penambahan <i>Filler</i> ASK	Kadar Aspal (%)
		5,00%
1	0% ASK	535,42
2	5% ASK	514,85
3	10% ASK	498,72
4	15% ASK	489,48

Berdasarkan Tabel 14 menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient (MQ)* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya komposisi *filler* abu serbuk kayu kedalam campuran. Nilai *Marshall Quotient (MQ)*

tertinggi terjadi pada komposisi 0% ASK yaitu 535,42 Kg/mm, sedangkan untuk nilai terendah terjadi pada komposisi 100% ASK yaitu 489,48 Kg/mm, dari Tabel 14 diketahui bahwa nilai *Marshall Quotient (MQ)* telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 4 (2018) yaitu ≥ 250 Kg/mm.

Perhitungan Nilai Durabilitas

Nilai durabilitas diperoleh dari perbandingan antara stabilitas rendaman 24 jam dengan stabilitas rendaman 30 menit pada suhu 60 °C. Hasil perhitungan nilai durabilitas untuk campuran dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 15 Hasil Rekapitulasi Pengujian Durabilitas

Jenis Komposisi Campuran	Rendaman 30 menit	Rendaman 24 jam	Nilai Durabilitas (%)
B	C	d	$e = \frac{d}{e} \times 100$
Tanpa substitusi (standar)	1.531,90	1.510,14	98,58
Substitusi Filler Abu Serbuk Kayu (ASK).	1.312,42	1.237,06	94,26

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis material berupa agregat dan aspal pen 60/70 masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Serta dapat digunakan sebagai bahan campuran AC-WC. Berdasarkan evaluasi parameter Marshall diperoleh kadar aspal minimum 5,00%, kadar aspal tengah 5,50% dan kadar aspal maksimum 6,00%.

Hasil komposisi terbaik variasi *filler* ASK

dengan kombinasi 25% AHL dan 75% AHI terbaik yaitu pada variasi *filler* ASK 5% dengan nilai stabilitas yaitu 1312,42 kg. telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 4 (2018) yaitu ≥ 800 kg.

Nilai durabilitas diperoleh dari perbandingan antara stabilitas rendaman 24 jam dengan stabilitas rendaman 30 menit pada suhu 60 °C menunjukkan bahwa nilai durabilitas campuran AC-WC tertinggi diperoleh pada campuran aspal tanpa substitusi yaitu pada kadar aspal 5,00%.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar melakukan analisa yang lebih mendetail terhadap kerugian dan keuntungan penelitian tersebut dan dapat dikonversikan dalam skala besar yaitu secara kondisi dilapangan.

Karena hasil stabilitas menurun disarankan untuk penelitian selanjutnya supaya mencari alternatif lain atau dilakukan dengan komposisi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Bunyamin, B., & Kurniasarir, F. D. (2021). Uji Marshall Pada Campuran AC-WC Dengan Substitusi Filler. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(1).
- Bunyamin. (2019). Comparison of deflection of hollow block concrete blocks with normal reinforced concrete beam. *AIP Conference Proceedings*, 2059(1), 20039.
- Bunyamin, B, Munirwan, R. P., Ridha, M., & Hendrifa, N. (2021). Utilization of wood

- processing dust as a substitute for a part of cement in concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1087(1), 12004.
- Bunyamin, Bunyamin. (2020). Pengaruh Sambungan Beton Pracetak Hollow Block terhadap Pola Retak yang Timbul. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(2).
- Bunyamin, Bunyamin, & Mukhlis, A. (2020). Utilization of Oyster Shells as a Substitute Part of Cement and Fine Aggregate in the Compressive Strength of Concrete. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 9(3).
- Kurniasari, F. D., Saleh, S. M., & Sugiarto, S. (2018). PENGARUH FILLER ABU AMPAS TEBU (AAT) DENGAN BAHAN PENGIKAT ASPAL PEN 60/70 PADA CAMPURAN LASTON AC-WC. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(4), 69–78.
- Rahmawati, C., Aprilia, S., Saidi, T., & Aulia, T. B. (2020). Current development of geopolymer cement with nanosilica and cellulose nanocrystals. *Annual Conference on Science and Technology Research (ACOSTER) 2020*, 1783. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1783/1/012056>
- Rahmawati, C., Aprilia, S., Saidi, T., & Aulia, T. B. (2021). Mineralogical, Microstructural and Compressive Strength Characterization of Fly Ash as Materials in Geopolymer Cement. *Elkawanie*, 7(1), 1–17.
- Rahmawati, C., Aprilia, S., Saidi, T., Aulia, T. B., & Ahmad, I. (2021). Preparation and characterization of cellulose nanocrystals from typha sp. as a reinforcing agent. *Journal of Natural Fibers*.
- Salim, A., & Rahmawati, C. (2019). Pengaruh Penambahan Limbah Cangkang Tiram Terhadap Stabilisasi Tanah Daerah Rawa. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 5(1), 10–16.
- Thakur, A. K., Pappu, A., & Thakur, V. K. (2019). Synthesis and characterization of new class of geopolymer hybrid composite materials from industrial wastes. *Journal of Cleaner Production*, 230, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.081>
- Vilela Rocha, V., Ludvig, P., Constancio Trindade, A. C., & de Andrade Silva, F. (2019). The influence of carbon nanotubes on the fracture energy, flexural and tensile behavior of cement based composites. *Construction and Building Materials*, 209, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.003>
- Wang, C., Yang, C., Liu, F., Wan, C., & Pu, X. (2012). Preparation of Ultra-High Performance Concrete with common technology and materials. *Cement and Concrete Composites*. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2011.11.005>
- Sukarman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Yayasan Obor Indonesia. <https://books.google.co.id/books?id=BDz5E4ijzr4C>.

- Wignall, et al. 2003, Proyek Jalan Teori dan Praktek, Edisi- 4, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Fatmawati, Leily, Bagus Hario Setiadji, and Wahyudi Kusharjoko. 2013. "KINERJA ASPAL PERTAMINA PEN 60/70 DAN BNA BLEND 75/25 PADA CAMPURAN ASPAL PANAS AC-WC." magister teknik sipil.
- Otoko, George Rowland, and Braide K Honest. 2014. "Stabilization of Nigerian Deltaic Laterites with Saw Dust Ash." *Int. J. Sci. Res. Manag* 2(8): 1287–92.
- Saodang, 2005, Perancangan Perkerasan Jalan Raya, Nova, Bandung.