

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

Universitas Abulyatama Jurnal Teknik Sipil Unaya



Studi Penggunaan Abu Cangkang Kenari Sebagai Substitusi Bahan Pengisi (*Filler*) Pada Campuran HRS-WC Terhadap Stabilitas Marshal

Fuad Hasan Ohorella^{*1}, Juliet G. Metekohy¹, Asri K.Patty¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Kota Ambon, 97233, Indonesia.

*Email korespondensi: fuad.ohorella@fatek.unpatti.ac.id¹

Diterima Maret 2023.; Disetujui Juli 2023.; Dipublikasi Juli 2023

Abstract: *The flexible pavement generally used in Indonesia is Thin Asphalt Concrete (HRS). The layer that receives the greatest traffic load is the wear layer (HRS-WC). One of the ingredients for the pavement layer is filler. To overcome the adequacy of filler, cement or lime is used, because the use of fillers is generally very expensive. Therefore, it is necessary to innovate the development of alternative fillers. This study aims to obtain the Marshall stability value of the HRS-WC mixture using walnut shell ash filler. The method used is an experimental study method on the technical specifications of the Directorate General of Highways 2018. The test results obtained optimum asphalt content (KAO) of 7.25% using a variation of cement filler mixture 2% : 0% walnut shell ash to obtain a stability value of 1892.16 kg, for filler 2% : 1% of 1714.90 kg, for filler 1% : 2% is 1877.45 kg and for filler 0% : 3% is 1989.96 kg. Where filler cement 0% : 3% walnut shell ash has the greatest recovery value of each variation of the filler tested. Overall, the use of walnut shell ash as an alternative filler can be utilized in asphalt pavement mixtures.*

Keywords: *walnut shell ash filler, Marshall Test, Optimum Asphalt Content (KAO)*

Abstrak: Perkerasan lentur pada umumnya digunakan di Indonesia adalah Lapis Tipis Aspal Beton (*HRS*). Bagian lapisan yang paling besar menerima beban lalu lintas adalah lapisan aus (*HRS-WC*). Salah satu bahan penyusun lapis perkerasan adalah *Filler*. Untuk mengatasi ketercukupan *filler* digunakan semen atau kapur, dikarenakan penggunaan bahan pengisi pada umumnya sangat mahal. Oleh karena itu, inovasi pengembangan bahan pengisi alternatif perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh nilai stabilitas Marshall pada campuran HRS-WC dengan menggunakan *filler* abu cangkang kenari. Metode yang digunakan adalah metode studi eksperimental pada spesifikasi teknis Direktorat Jenderal Bina Marga 2018. Hasil pengujian diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 7,25% dengan menggunakan variasi campuran *filler* semen 2% : 0% abu cangkang kenari mendapatkan nilai stabilitas 1892,16 kg, untuk *filler* 2% : 1% sebesar 1714,90 kg, untuk *filler* 1% : 2% sebesar 1877,45 kg dan untuk *filler* 0% : 3% sebesar 1989,96 kg. Dimana *filler* semen 0% : 3% abu cangkang kenari memiliki nilai pemulihan terbesar dari setiap variasi *filler* yang diuji. Secara keseluruhan penggunaan abu cangkang kenari sebagai alternatif bahan tambah (*filler*) dapat dimanfaatkan dalam campuran perkerasan aspal.

Kata kunci : *filler Abu Cangkang Kenari, Marshall Test, Kadar Aspal Optimum (KAO).*

Perkerasan jalan merupakan bidang sentuh antara beban kendaraan melalui roda dengan jalan melalui lapis permukaan. Konstruksi perkerasan jalan dengan menggunakan sistem perkerasan lentur, biasanya terdiri dari lapis aus/permukaan, lapis pondasi atas/bawah serta lapisan tanah dasar.

Biasanya dalam agregat kasar dan agregat halus sudah terdapat kandungan *filler*, namun kadar *filler* tersebut tidak mencukupi sesuai dengan persyaratan, sehingga perlu adanya penambahan *filler*. Untuk mengatasi kekurangan kadar *filler* tersebut biasanya digunakan semen atau kapur, namun di beberapa daerah di Indonesia kadang tidak mudah untuk mendapatkan semen dan harganya pun relatif semakin mahal (Waluyo. 2022). Oleh sebab itu, inovasi pengembangan bahan alternatif bahan pengisi (*filler*) perlu dilakukan agar kebutuhan bahan pengisi (*filler*) dapat terpenuhi kebutuhannya dengan menghasilkan perkerasan dengan kualitas yang sesuai.

Dalam konstruksi bangunan sipil yang berpotensi digunakan sebagai filler adalah bahan kaya silika seperti abu sekam padi (Gogot Setyo Budi 2002) (Handayani *et al.* 2022), fly ash (Yost *et al.* 2013) (Rahmawati *et al.* 2021), nanosilika (Sari *et al.* 2015) (Meliyana *et al.* 2019), limbah karbit (Rahmawati and Meliyana 2019), kerang (Liemawan *et al.* 2015) (Handayani *et al.* 2020) dan lainnya.

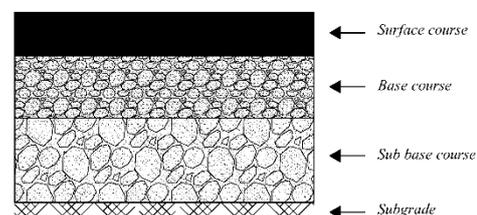
Kenari (*Canarium indicum* L) merupakan tanaman asli Indonesia yang banyak tumbuh di wilayah Indonesia bagian timur, seperti yang banyak tersebar di kepulauan Maluku. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Provinsi Maluku, produksi kenari di

Provinsi Maluku pada tahun 2020 sebesar 19,27 ton dan tahun 2021 sebesar 19,27 ton. dari hasil produksi kenari tersebut juga menghasilkan limbah hasil olahan yaitu cangkang kenari yang sering ditimbun maupun dibiarkan begitu saja dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Sehingga hal ini membuat peneliti tertarik untuk dapat berinovasi dengan limbah cangkang kenari sebagai bahan pengisi (*filler*) pada konstruksi perkerasan jalan.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar nilai stabilitas *Marshall* pada campuran *HRS-WC* dengan menggunakan bahan pengisi (*filler*) abu cangkang kenari

KAJIAN PUSTAKA

Menurut Sukirman (1999), susunan bagian perkerasan jalan umumnya terdiri atas lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*sub base course*) dan lapisan tanah dasar (*subgrade*). Susunan lapisan konstruksi perkerasan jalan yang terlihat pada Gambar 1



Gambar 1 Susunan Konstruksi Perkerasan Jalan

Gradasi Gabungan dan Campuran Lataston

1. Gradasi Gabungan

Gradasi agregat gabungan adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan

analisis saringan (Sukirman, 2003). Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga atau berpori banyak, karena tidak terdapat agregat berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi. Sebaliknya, jika campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar sampai kecil secara merata, maka rongga pori yang terjadi sedikit.

Berikut adalah amplop gradasi agregat.

Tabel 3. Gradasi Amplop

ASTM	Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat	
		Lataston (HRS)	
		WC	Base
1 1/2"	37,5		
1"	25		
3/4"	19	100	100
1/2"	12,5	90-100	90-100
3/8"	9,5	75-85	65-90
No. 4	4,75		
No. 8	2,36	50-72	35-55
No. 16	1,18		
No. 30	0,6	35-60	15-35
No. 50	0,3		
No. 100	0,15		
No. 200	0,075	6-10	2-9

Sumber : Spesifikasi Divisi VI, Bina Marga, 2018

2. Campuran Lataston

HRS atau Lapis tipis aspal beton (Lataston) merupakan salah satu lapis perkerasan jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras, agregat dengan gradasi timpang dan bahan pengisi (*filler*)

Tabel 4. Ketentuan Sifat-sifat Lataston

Sifat-sifat Campuran		Lataston	
		Lapis Aus	Lapis Pondasi
Kadar aspal efektif (%)	Min	5,9	5,5
Jumlah tumbukan per bidang			50
Rongga campuran (%)	Min		4,0
	Maks.		6,0

Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	18	17
Rongga terisi aspal (%)	Min		68
Stabilitas Marshall (kg)	Min		600
Marshall Quotient (kg/mm)	Min		250
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24, 60°C	Min		90

Sumber : Spesifikasi Divisi VI, Bina Marga, 2018

yang dicampurkan, dihamparkan, dan dipadatkan pada suhu dan kondisi tertentu dengan ketebalan antara 2,5 sampai 3 cm (Sukirman, 1999). Konstruksi perkerasan dengan HRS terdiri dari campuran yang digunakan sebagai lapis aus (HRS-WC) dan lapis pondasi (HRS-Base).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi Universitas Kristen Indonesia Maluku. Berdasarkan metode *Marshall test* Berjumlah 15 sampel untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum kemudian dibuatkan Kembali 12 sampel dengan menggunakan substitusi bahan pengisi (*filler*) dari semen dan abu cangkang kenari pada campuran *Asphalt Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dengan variasi 2:0% pada komposisi 2% dari berat total agregat dan 2:1%, 1:2% dan 0:3% pada komposisi 3% *Filler* dari berat total agregat dengan mengacu pada spesifikasi umum yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2018.

Perencanaan Campuran Aspal Beton

Tabel 5. Jumlah Sampel Benda Kadar Aspal Rencana

Penggunaan Filler	Presentase Kadar Aspal				
	Pb -0,5%	pb -1%	pb	Pb +0,5	pb +1%
Semen 100 %	3 sampel	3 sampel	3 sampel	3 sampel	3 sampel
Semen 100 %	3 sampel	3 sampel	3 sampel	3 sampel	3 sampel
Semen 100 %	3 sampel	3 sampel	3 sampel	3 sampel	3 sampel

Penggunaan Filler	Presentase Kadar Aspal				
	Pb -0,5%	pb -1%	pb	Pb +0,5	pb +1%
Semen	3	3	3	3	3
100 %	sampel	sampel	sampel	sampel	sampel
Semen	3	3	3	3	3
100 %	sampel	sampel	sampel	sampel	sampel

Sumber : Spesifikasi Divisi VI, Bina Marga, 2018

Pada penelitian ini menggunakan Aspal pen 60/70, Agregat kasar dan Agregat Halus diambil dari Kuari Wair Sakula Desa Laha, kemudian *Filler* Cangkang Kenari diambil dari Desa Liang dan Morela/Mamala. Campuran Lataston *HRS-WC* terdiri dari kadar aspal rencana : pb -1%; pb -0,5%; pb; pb +0,5%; pb +1% untuk mendapatkan KAO, dapat dilihat pada tabel diatas :

Variasi *Filler* Semen dan Abu Cangkang Kenari

Hasil pengujian kadar aspal rencana akan menghasilkan kadar aspal optimum (KAO),

Tabel 7. Hasil Pengujian Kadar Aspal Rencana

Kadar Aspal	Kepadatan	VMA	VFB	VIM	Stabilitas	Kelelahan	Marshall Quotient
%	gr/cc	%	%	%	kg	mm	kg/mm
6,0	2,31	20,15	57,17	8,63	2054,90	5,13	404,88
6,5	2,34	19,57	65,45	6,76	2047,07	4,09	501,69
7,0	2,36	19,28	73,00	5,21	2125,01	5,07	446,64
7,5	2,38	19,32	79,19	4,02	2261,01	5,88	393,96
8,0	2,37	20,01	81,96	3,61	1843,26	6,39	303,32
Spesifikasi		Min. 18%	Min. 68%	4-6%	Min. 600 kg	Min. 3 mm	Min. 250

Hasil pengujian kadar aspal optimum komposisi campuran normal dimana 100% persen berupa bahan tambah (*filler*) semen Dari Tabel 7 dapat dilihat campuran pada kadar aspal 7,0% dan 7,5% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Setelah didapat nilai rata-rata

selanjutnya akan dibuatkan sampel benda uji sesuai dengan variasi. Dapat dilihat pada table berikut ini :

Tabel 6. Variasi Benda uji KAO

Kadar Aspal KAO	Penggunaan <i>Filler</i> Semen dan Abu Cangkang Kenari			
	2 % 0 %	2% 1%	1% 2%	0% 3%
	3	3	3	3
KAO	sampel	sampel	sampel	sampel

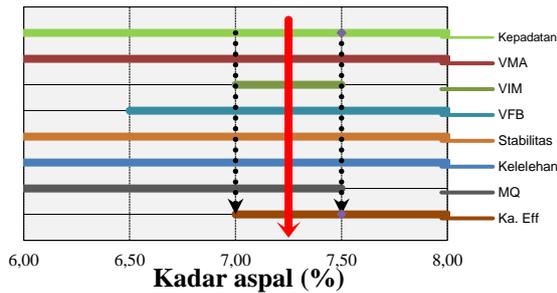
Sumber : Spesifikasi Divisi VI, Bina Marga, 2018

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Karakteristik *Marshall Test* Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

Hasil pengujian *Marshall Test* pada kadar aspal rencana 6%; 6,5%; 7%; 7,5%; 8% diperoleh karakteristik campuran aspal beton berupa nilai stabilitas, *flow*, kepadatan, VMA, VFB, VIM, dan *Marshall Quotient*, kemudian dianalisis agar didapat nilai kadar aspal optimum (KAO)

Marshall setiap pengujian, maka dilakukan penggambaran grafik untuk mendapatkan nilai KAO



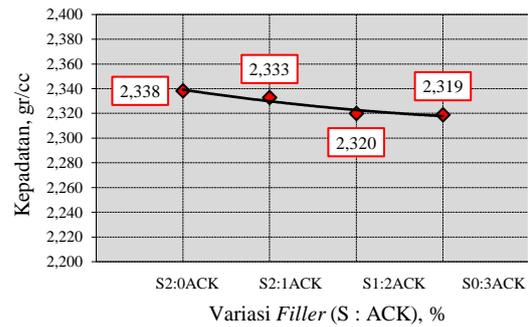
Gambar 1. Grafik untuk Mencari KAO pada Komposisi Campuran Normal

Hasil Pengujian Marshall Test Pada Variasi Bahan Tambah (Filler)

Hasil Pengujian Marshall untuk kadar aspal optimum 7,25% dengan menggunakan variasi filler semen 2% : 0% abu cangkang kenari, semen 2% : 1% abu cangkang kenari, semen 1% : 2% abu cangkang kenari dan semen 0% : 3% abu cangkang kenari dapat dilihat pada tabel 8.

Hubungan Variasi Filler dengan Kepadatan (density).

Kepadatan merupakan berat campuran pada setiap satuan volume. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan tinggi dan mampu menahan beban yang lebih besar serta kedap terhadap air dan udara yang tinggi pula. Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah gradasi agregat, kadar aspal, berat jenis agregat, kualitas dan proses pemadatan yang meliputi suhu dan jumlah tumbukannya. Berikut ini adalah gambar hubungan variasi filler dan kepadatan (density).



keterangan :

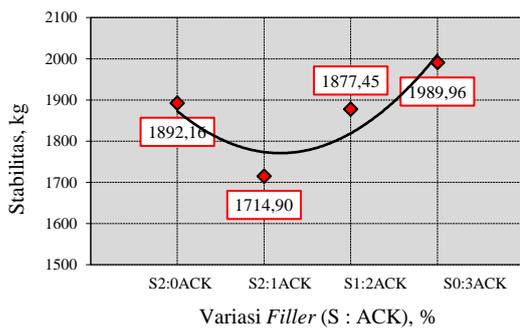
—●— Hasil pengujian
 — Hasil spesifikasi BM (2018)

Gambar 2. Grafik Hubungan Kepadatan Terhadap Variasi filler

Dari gambar di atas dapat dilihat nilai kepadatan (density) pada kadar optimum 7,25% dengan menggunakan variasi filler 2% : 0% didapatkan nilai sebesar 2,338 gr/cc, untuk variasi 2% : 1% didapatkan nilai sebesar 2,333 gr/cc, variasi 1% : 2% didapatkan nilai sebesar 2,320 gr/cc dan variasi 0% : 3% didapatkan nilai sebesar 2,319 gr/cc. Dilihat dari grafik tersebut kepadatan mengalami penurunan, namun penurunan kepadatannya tidak terlalu besar, hal ini dapat disebabkan pada saat proses pembuatan benda uji.

Hubungan Variasi Filler dengan Stabilitas

Stabilitas dibutuhkan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan perkerasan untuk menahan beban lalu lintas tanpa menimbulkan perubahan yang tetap seperti gelombang, alur dan bleeding. Hasil pengujian stabilitas dapat dilihat pada Gambar 3. bahwa nilai stabilitas pada masing-masing komposisi variasi filler berada di atas spesifikasi yang disyaratkan yaitu 600 kg. Stabilitas pada komposisi filler 2% : 0% sebesar 1892,16 kg.



keterangan :

◆ Hasil pengujian
— Spesifikasi BM (2018)

Gambar 3. Grafik Hubungan Stabilitas Terhadap Variasi filler

Stabilitas dengan komposisi 2% : 1% mengalami penurunan nilai stabilitas sebesar 29,54% dan merupakan nilai stabilitas paling rendah yaitu sebesar 1714,90 kg, hal ini menunjukkan bahwa pada komposisi 2% : 1%, benda uji yang dihasilkan lebih lembek namun masih berada di atas batas yg disyaratkan. Pada komposisi filler 1% : 2% didapatkan nilai sebesar 1877,45 kg, terjadi kenaikan sebesar 27,09% dari komposisi filler 2% : 1%. Untuk benda uji paling kaku dihasilkan oleh stabilitas tertinggi yaitu benda uji komposisi filler 0% : 3% dengan nilai sebesar 1989,96 kg, nilai ini mengalami kenaikan sebesar 18,75% dari komposisi filler 1% : 2%.

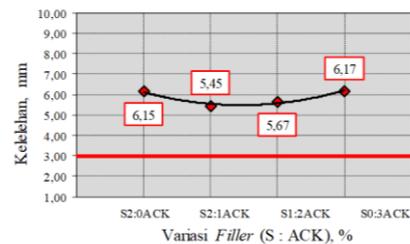
Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya komposisi filler pengganti yakni abu cangkang kenari, maka semakin bertambah nilai stabilitas yang dihasilkan dan stabilitas terbaik dihasilkan oleh komposisi filler pengganti 0% : 3% sehingga dapat disimpulkan bahwa filler pengganti yaitu abu cangkang kenari menghasilkan nilai stabilitas lebih baik dari pada filler semen.

Hubungan Variasi Filler dengan Flow

Flow merupakan besarnya deformasi yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi

kestabilan maksimum sehingga batas runtuh dinyatakan dalam satuan mm. Flow menunjukkan tingkat kelenturan suatu campuran. Nilai flow yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban.

Pengukuran flow bersamaan dengan pengukuran nilai stabilitas Marshall. Nilai flow juga diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat Marshall Test sewaktu melakukan pengujian Marshall. Hasil pengujian flow dapat dilihat pada Gambar bahwa nilai flow untuk tiap komposisi filler memenuhi syarat Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 yaitu minimal 3 mm.



keterangan :

◆ Hasil pengujian
— Spesifikasi BM (2018)

Gambar 4. Grafik Hubungan Flow Terhadap Variasi filler

Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai flow pada komposisi filler 2% : 0% sebesar 6,15 mm, mengalami penurunan sebesar 7,77% terhadap komposisi filler 2% : 1% sebesar 5,45 mm. Pada komposisi filler 1% : 2% didapatkan nilai flow sebesar 5,67 mm mengalami peningkatan sebesar 2,44% dari komposisi filler 2% : 1% dan pada komposisi filler 0% : 3% nilai flow naik sebesar 5,56% yaitu 6,17 mm. Sehingga dapat disimpulkan

bahwa semakin bertambahnya komposisi *filler* pengganti maka benda uji semakin bersifat plastis. Hal ini dikarenakan *filler* mampu bercampur dengan baik bersama aspal sehingga memperlentur campuran.

Hubungan Variasi *Filler* dengan *Void of Meterial Aggregate (VMA)*

VMA merupakan volume pori di dalam beton aspal padat jika seluruh aspal ditiadakan. VMA menunjukkan persentase banyaknya rongga dalam agregat yang dapat diisi oleh aspal. Nilai VMA akan meningkat apabila selimut aspal dalam campuran lebih tebal. Hasil pengujian terhadap VMA dapat dilihat pada Gambar



keterangan :

● Hasil pengujian
— Hasil pengujian spesifikasi BM (2018)

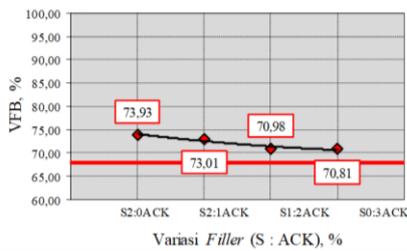
Gambar 5. Grafik Hubungan VMA Terhadap Variasi *filler*

Dari Gambar 5. terlihat bahwa nilai VMA untuk semua komposisi *filler* berada di atas nilai VMA yang disyaratkan pada spesifikasi yaitu 18% dan mengalami peningkatan. Pada grafik dapat dilihat nilai VMA pada komposisi *filler* 2% : 0% didapatkan sebesar 18,96%, untuk komposisi 2% : 1% nilai VMA didapatkan sebesar 19,15%, untuk 1% : 2% nilai VMA sebesar 19,59% dan komposisi *filler* 0% : 3% didapatkan nilai VMA sebesar

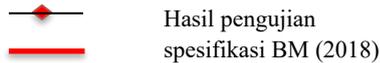
19,63% dan merupakan nilai VMA yang paling besar. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kenaikan dan penurunan nilai VMA seperti kualitas pemadatan dan kadar aspal. Kenaikan nilai VMA pada benda uji bisa dipengaruhi oleh nilai Kadar Aspal yang lebih besar sehingga selimut aspal lebih tebal dan mengakibatkan naiknya nilai VMA. Bisa juga diakibatkan oleh kualitas pemadatan yang kurang baik sehingga menghasilkan benda uji dengan rongga yang cukup besar namun masih memenuhi spesifikasi.

Hubungan Variasi *Filler* dengan *Volume of Voids Filled Bitumen (VFB)*

VFB atau rongga terisi Aspal (VFA) merupakan persentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, tidak termasuk aspal yang terabsorpsi oleh butir agregat. Bisa dikatakan VFA merupakan persentase volume aspal yang menyelimuti agregat. VFA biasa disebut dengan rongga terisi aspal. Semakin tinggi nilai VFA menandakan semakin banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga campuran menjadi lebih kedap terhadap air dan udara. Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama.



keterangan :

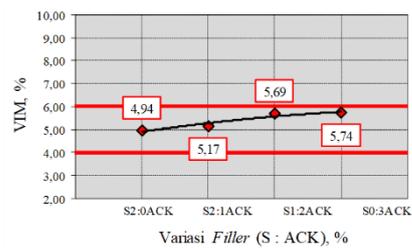


Gambar 6. Grafik Hubungan VFB Terhadap Variasi Filler

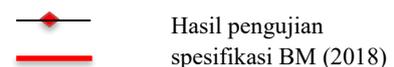
Dari Gambar 6. dapat dilihat bahwa nilai VFB pada masing-masing komposisi *filler* berada di atas spesifikasi yang disyaratkan yaitu 68%, namun mengalami penurunan. Nilai VFB pada komposisi *filler* 2% : 0% nilainya mencapai 73,93%, untuk komposisi *filler* 2% : 1% didapatkan nilai sebesar 73,01%, untuk komposisi *filler* 1% : 2% didapatkan nilai sebesar 70,98% sedangkan komposisi *filler* 0% : 3% sebesar 70,81% membuat nilai VFA ini lebih kecil dari komposisi *filler* lainnya. Sehingga dari grafik pada gambar 4.8 dapat disimpulkan bahwa komposisi *filler* 2% : 0% yang didominasi dengan semen lebih kedap terhadap air dan udara.

Hubungan Variasi Filler dengan Volume In Mixture (VIM)

VIM merupakan persentase volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal dipadatkan. Nilai VIM yang besar menunjukkan bahwa rongga pada benda uji besar dan kurangnya kekedapan suatu benda uji terhadap air.



keterangan :



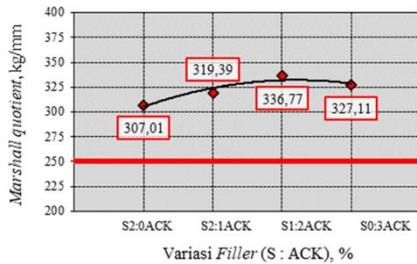
Gambar 7. Grafik Hubungan VFB Terhadap Variasi Filler

Pada Gambar 7. nilai VIM dari setiap komposisi *filler* memenuhi syarat dalam spesifikasi umum yang disyaratkan yaitu sebesar 4-6% dan mengalami peningkatan. Pada Komposisi *filler* 2% : 0% nilai VIM yang dihasilkan sebesar 4,94%, nilai VIM naik 2,87% pada komposisi *filler* 2% : 1% yaitu sebesar 5,17%, pada komposisi *filler* 1% :2% nilai VIM didapatkan sebesar 5,69% dan mengalami kenaikan 6,50% dari komposisi *filler* 2% : 1%, selanjutnya mengalami kenaikan pada komposisi *filler* 0% : 3% sebesar 0,62% dengan nilai VIM yang didapatkan sebesar 5,74% dan merupakan nilai VIM tertinggi dari komposisi *filler* lainnya. Pada kadar aspal konstan, penambahan *filler* abu cangkang kenari akan memperbesar VIM karena *filler* dapat akan membuat rongga-rongga dalam campuran sehingga campuran menjadi lebih terserap air.

Hubungan Variasi Filler dengan Marshall Quotient (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) merupakan indeks kelenturan suatu campuran berupa perbandingan antara stabilitas terhadap *flow* dengan satuan kg/mm. Nilai MQ ini dihubungkan dengan daya tahan perkerasan terhadap deformasi. Semakin besar nilai MQ menandakan campuran semakin kaku/getas sehingga dapat terjadi retak apabila diberi beban, sedangkan semakin kecil nilai MQ menandakan campuran semakin lentur dan mampu

berdeformasi apabila diberi beban.



keterangan :

● Hasil pengujian
— spesifikasi BM (2018)

Gambar 8. Grafik Hubungan MQ Terhadap Variasi Filler

Pada Gambar 8. terlihat bahwa nilai MQ untuk setiap variasi komposisi lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan yaitu 250 kg/mm. Nilai MQ pada komposisi *filler* 2% : 0% mencapai 307,01 kg/mm, mengalami kenaikan 6,19% pada komposisi *filler* 2% : 1% yaitu sebesar 319,39 kg/mm. Untuk komposisi *filler* 1% : 2% didapatkan nilai MQ sebesar 336,77 kg/mm, mengalami kenaikan sebesar 8,69% dari komposisi *filler* 2% : 1% dan selanjutnya pada komposisi *filler* 0% : 3% mengalami penurunan sebesar 4,83% dengan nilai MQ sebesar 327,11 kg/mm. Penurunan nilai MQ dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow* pada campuran. Stabilitas yang kecil dan *flow* yang besar menghasilkan campuran yang lembek dan mudah berubah bentuk jika terjadi beban.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Nilai stabilitas *Marshall* pada campuran *Asphalt Hot Rolled Sheet - Wearing Course* (HRS-WC), dengan menggunakan kadar aspal optimum sebesar 7,25% dengan variasi bahan tambah (*filler*) semen 2% : 0% abu cangkang kenari didapatkan sebesar 1892,16

kg, untuk bahan tambah (*filler*) semen 2% : 1% abu cangkang kenari didapatkan sebesar 1714,90 kg, untuk bahan tambah (*filler*) semen 1% : 2% abu cangkang kenari didapatkan sebesar 1877,45 kg dan untuk bahan tambah (*filler*) semen 0% : 3% abu cangkang kenari dengan nilai sebesar 1989,96 kg. Bahan tambah (*filler*) semen 0% : 3% abu cangkang kenari memiliki nilai stabilitas terbesar dari setiap variasi bahan tambah (*filler*) yang diuji.

2. Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan setiap variasi komposisi filler pada campuran *Asphalt Hot Rolled Sheet - Wearing Course* (HRS-WC) yang didapatkan meliputi kepadatan, stabilitas, kelelahan, VMA, VFA, VIM, MQ dan kadar aspal efektif memenuhi spesifikasi Bina Marga Tahun 2018. Secara keseluruhan penggunaan abu cangkang kenari sebagai alternatif bahan tambah (*filler*) dapat dimanfaatkan dalam campuran perkerasan aspal.

Saran

Saran diberikan untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

1. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan perbandingan variasi *Filler* diawal penggunaan kadar aspal rencana (pb).
2. Penambahan benda uji untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.
3. Hendaknya proses pencampuran maupun pemadatan benda uji dalam penelitian dapat diperhatikan suhu pencampuran serta pemadatan, dan tidak dilakukan secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus M. Fahmi (2021). Analisis Pengaruh Aspal Modifikasi Dengan Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Kinerja Perkerasan Aspal. *Journal Of Civil Engineering Building And Transportation*, 5(2), 64-68.
- Gogot Setyo Budi, 2002. Pengaruh Pencampuran Abu Sekam Padi Dan Kapur Untuk Stabilisasi Tanah Ekspansif. *Civil Engineering Dimension*, 4 (2), 94–99.
- Handayani, L., Aprilia, S., Abdullah, A., Rahmawati, C., Aulia, T.B., Ludvig, P., and Ahmad, J., 2022. Sodium Silicate from Rice Husk Ash and Their Effects as Geopolymer Cement. *Polymers*, 14 (14), 1–14.
- Handayani, L., Rahmawati, C., Nurhayati, N., Astuti, Y., and Darmawan, A., 2020. The Characterization of oyster shell (*Crassostrea gigas*) as adsorbent in the removal of Cr (VI) ions. a study of NaOH and H₂SO₄ activation effect. *Elkawnie*, 6 (1), 77–84.
- Liemawan, A.E., Tavio, and Raka, I.G.P., 2015. Pemanfaatan Limbah Kerang Hijau (*Perna Viridis L .*) sebagai Bahan Campuran Kadar Optimum Agregat Halus pada Beton Mix Design dengan Metode Substitusi. *jurnal Teknik ITS*, 4 (1), 128–133.
- Meliyana, M., Rahmawati, C., and Handayani, L., 2019. Sintesis Nano Silika dari Abu Sekam Padi Dengan Metode Sol-Gel. *In: Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu Universitas Asahan ke-3*. 800–807.
- Rahmawati, C., Aprilia, S., Saidi, T., and Aulia, T.B., 2021. Mineralogical, Microstructural and Compressive Strength Characterization of Fly Ash as Materials in Geopolymer Cement. *Elkawnie*, 7 (1), 1–17.
- Rahmawati, C. and Meliyana, M., 2019. Potensi Limbah Karbit Sebagai Pengganti Semen Pada Bata Ringan. *In: Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu Universitas Asahan*. 627–635.
- Sari, D.N., Fuad, A., and Diantoro, M., 2015. Pengaruh Penambahan Nanosilika Terhadap Prositas, Komposisi Penyusun dan Kuat Tekan Beton. *Jurnal Mahasiswa Fisika Universitas Malang*, 1–10.
- Yost, J.R., Radlinska, A., Ernst, S., and Salera, M., 2013. Structural Behavior of Alkali Activated Fly Ash Concrete. *Materials and Structures*, 46, 435–447.
- BPS Provinsi Maluku. (2022). *Provinsi Maluku Dalam Angka*. <https://maluku.bps.go.id/publication/2022/02/25/2a70c4b4b14c5150791bad4c/provinsi-maluku-dalam-angka-2022.html>
- Dwi Esti Intari (2018). Analisis Karakteristik Campuran Lataston (*HRS-WC*) Akibat Rendaman Air Laut Pasang (ROB) Dengan Aspal Modifikasi Polimer Starbit E-55. *Jurnal Pondasi*, 7(2), 53-62.
- Maria A. Leha (2018). Ativitas Antioksidan dan Asap Cair Dari Cangkang Kenari. *Indonesian Journal of Industri Research*, 14(2), 45-50.
- Tjitjik W. Suroso (2004). Peningkatan Campuran Beraspal Dengan Mikro

Karbon. *Jurnal Litbang Jalan*, 21(3), 19-26.

Veranita (2020). Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton Menggunakan Cangkang Lokan Dan Abu Sabut Kelapa Sebagai Pengganti *Filler*. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 1-9.

Waluyo. (2022). *Analisis komposit Serat Daun Pandan Dan Kayu jati Dengan resin Terhadap Kekuatan Tarik Dan Daya Serap Air: Analisis Komposit Serat Daun Pandan Alas. Jurnal Pilar Teknologi. Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 7(1), 11-17