

Inovasi Material Berkelanjutan: Optimasi Penggunaan Abu Sabut Kelapa sebagai Alternatif Filler pada Aspal Beton

**Sartika Nisumanti^{1*}, Yuliantini Eka Putri², Ferry Desromi³,
Khodijah Al Qubro⁴, Saripudin⁵, Muhammad Fikri⁶**

^{1,4,5,6} Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri

^{2,3} Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Baturaja

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Abu Sabut Kelapa, Aspal Beton, Uji Marshall.

***Correspondence email:**

sartika.nisumanti@uigm.ac.id;

yuliantini6773@gmail.com;

Ferrydesromi71@gmail.com;

khodijah@uigm.ac.id

Submitted: 21-01-2025

Revised: 30-01-2025

Accepted: 08-02-2025

Published: 08-02-2025

ABSTRAK

Penggunaan aspal beton (Laston) sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan terus meningkat, terutama di Indonesia. Laston, yang dibuat sebagai campuran campuran panas (*Hot Mix*), memerlukan bahan pengisi (*filler*) untuk mengikat partikel agregat. Filler konvensional seperti abu batu, kapur, dan semen memiliki keterbatasan persediaan dan biaya yang tinggi, sehingga diperlukan alternatif yang lebih ekonomis dan mudah didapatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan abu sabut kelapa sebagai filler dalam campuran aspal penetrasi 60/70, serta menentukan kadar aspal optimum (KAO) pada campuran tersebut. Pembuatan benda uji menggunakan variasi kadar abu sabut kelapa (ASK) sebesar 4%, 4,5% dan 5% pada aspal 6%. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan metode Pengujian menggunakan Marshall Test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan abu sabut kelapa sebagai filler dapat mempengaruhi sifat mekanis campuran aspal. Pada kadar ASK 4%, nilai VIM mencapai 6.939% dan nilai VFA yang paling besar atau mendekati yaitu pada kadar ASK 5% diperoleh sebesar 44,838%. Hasil penelitian diperoleh lebih besar dari persyaratan Bina Marga 2010, menunjukkan campuran yang lebih porous dan berpotensi mengurangi keawetan. Namun, penggunaan abu sabut kelapa dapat menjadi solusi berkelanjutan dan ekonomis dalam konstruksi jalan. Pengujian aspal laston lapis AC-WC normal diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6%, dengan nilai VIM sebesar 4,145%, nilai VMA sebesar 17,439%, nilai VFA sebesar 76,304%, nilai stabilitas sebesar 1446,3 kg, dan nilai flow sebesar 3,19 mm.

ABSTRACT

Keywords:

Coconut fiber ash, Asphalt Concrete, Marshall Test

The use of asphalt concrete (Laston) as a pavement construction material continues to increase, especially in Indonesia. Laston, which is made as a hot mix, requires filler to bind the aggregate particles. Conventional fillers such as stone ash, lime, and cement have limited supplies and high costs, so a more economical and easily available alternative is needed. This research aims to evaluate the use of coir ash as filler in a 60/70 penetration asphalt mixture and determine the optimum asphalt content (KAO) in the mixture. The test specimens were made using 4%, 4.5%, and 5% variations of coconut fiber ash (ASK) content in 6% asphalt. This research was conducted experimentally using the Marshall Test method. The results showed that the use of coir ash as filler can affect the mechanical properties of asphalt mixture. At 4% ASK content, the VIM value reached 6.939%, and the largest or closest VFA value was obtained at 5% ASK content of 44.838%. The results obtained were greater than the Bina Marga 2010 requirements, indicating a more porous mix and potentially reduced durability. However, the use of coir ash can be a sustainable and economical solution in road construction. Testing the normal AC-WC asphalt laston layer obtained an optimum asphalt content (KAO) value of 6%, with a VIM value of 4.145%, a VMA value of 17.439%, a VFA value of 76.304%, a stability value of 1446.3 kg, and a flow value of 3.19 mm.

PENDAHULUAN

Jalan salah satu prasarana transportasi darat berperan penting dalam meningkatkan ekonomi, sosial dan budaya., agar perkerasan jalan sesuai dengan mutu diperlukan upaya dalam peningkatan kualitas jalan (Kunanusont et al., 2021). Struktur perkerasan jalan sering mengalami rusak sebelum umur layanan rencana disebabkan bahan perkerasan, pengaruh cuaca, beban berlebih (Yuniarti et al., 2020). Perkerasan jalan merupakan susunan perkerasan jalan yang berfungsi memberikan layanan pengguna jalan

Lapis aspal beton lebih dikenal nama *Asphalt Concrete* merupakan bahan perkerasan jalan sejak lama digunakan dan semakin meningkat penggunaannya, terutama di Indonesia. Laston dibuat sebagai campuran panas

(Hot Mix) sebagai bahan viskoelastik, yang memiliki perilaku kental dan elastis tergantung pada temperatur dan waktu pembebanan (Harnaeni et al., 2020). Aspal merupakan bahan utama dalam pengikat agregat dalam konstruksi perkerasan jalan, Volume aspal kecil sekitar 4-10% terhadap berat total campuran namun aspal memegang peranan penting dalam menentukan kinerja perkerasan (Yuniarti, 2015). Aspal beton merupakan campuran aspal, agregat, dengan filler yang berfungsi penting dalam mengikat partikel agregat. Filler yang umum digunakan seperti Fly Ash, kapur, semen, dan abu terbang (fly Ash). Bahan konstruksi berkelanjutan saat ini permintaan terus meningkat, sehingga perlu solusi terhadap bahan alternatif yang dapat meningkatkan kinerja campuran aspal beton sekaligus mengurangi dampak lingkungan (Kim et al., 2024).

Kelapa merupakan tanaman yang sangat umum di daerah tropis salah satunya Indonesia (Universidad de Antioquia-UdeA et al., 2019). Kandungan utama sabut kelapa adalah lignin dan selulosa. Persentase lignin dalam sabut kelapa cukup bervariasi berkisar antara 16% hingga 45% dan kandungan selulosa berkisar 23%-43% (Putra & Putra, 2023); (Departemen Fisika Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran & Nurhilal, 2018). Tanaman kelapa salah satu produk kelapa yang memiliki potensi namun belum dimanfaatkan secara maksimal adalah sabut kelapa, Sabut kelapa salah satu limbah pertanian yang sangat melimpah dan seringkali hanya dibuang begitu saja atau dijadikan bahan bakar (Koitumet, n.d.). Sabut kelapa memiliki serat yang kuat dan berpotensi menjadi bahan tambahan dalam campuran aspal sebagai filler atau pengisi. Pemanfaatan sabut kelapa dapat mengurangi dampak buruk dari limbah pertanian dan mendukung keberlanjutan lingkungan. Salah satu pemanfaatan abu hasil pembakaran sabut kelapa dijadikan sebagai filler sebagai campuran aspal. Filler konvensional memiliki keterbatasan persediaan dan relatif mahal. Oleh karena itu, diperlukan alternatif yang lebih ekonomis dan mudah didapatkan, salah satunya adalah pemanfaatan abu sabut kelapa sebagai filler. Permasalahan yang dihadapi adalah apakah abu sabut kelapa dapat dimanfaatkan sebagai filler untuk campuran aspal laston dan berapa nilai KAO. Penelitian ini memiliki tujuan mengetahui mutu aspal beton menggunakan filler abu sabut kelapa dilihat dari nilai marshall dan mengetahui kadar aspal optimum normal. Penelitian ini penting dilakukan karena penggunaan abu sabut kelapa sebagai filler dapat menjadi solusi yang lebih berkelanjutan dan ekonomis dibandingkan dengan bahan filler konvensional. Pemanfaatan abu sabut kelapa, diharapkan dapat mengurangi biaya produksi dan ketergantungan pada bahan filler yang mahal dan terbatas.

Aspal adalah bahan yang sangat kental yang dihasilkan dari penyulingan residu minyak bumi, yang berbentuk bahan padat bila dipanaskan akan mencair dan berfungsi mengikat agregat saat pembuatan aspal beton karena memiliki daya rekat tinggi bahan pengikat yang banyak digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan lentur (Zhao et al., 2023). Filler pada campuran aspal berfungsi mengisi rongga antar partikel agregat dan meningkatkan stabilitas campuran aspal (Yuniarti et al., 2021); (Nisumanti & Yusuf, 2020). Filler konvensional seperti abu batu, kapur, dan semen sering digunakan. Agregat merupakan bahan dengan ukuran bervariasi sebagai bahan penyusun beton dan AC-WC. Campuran AC-WC untuk memenuhi kebutuhan lapisan penutup jalan agar kedap air dan memberikan ketahanan terhadap lapis aus pada saat di lewati volume lalu lintas yang tinggi (Santoso & Roy, n.d.); (Karyawan et al., 2021). Pengujian Marshall dapat mengetahui jumlah persentase kadar aspal yang dibutuhkan untuk gradasi, hasil dari gradasi diperoleh nilai Marshall yang meliputi analisis volumetrik dan nilai flow (Nisumanti et al., 2022); (Nasrulloh et al., 2024).

METODE

Eksperimen dilakukan di Laboratorium Universitas Indo Global Mandiri. Penelitian ini berasal dari aspal lokal dengan nilai penetrasi 60/70, Agregat kasar, agregat halus sesuai spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Sifat fisik aspal, agregat halus dan agregat kasar menggunakan spesifikasi yang ditunjukkan di Tabel 1 dan Tabel 2. Serabut kelapa (Filler) berasal dari Desa Rimau Sungsang untuk digunakan pada aspal modifikasi. Sedangkan alat pengujian menggunakan Marshall, Desain campuran aspal berdasarkan spesifikasi (Bethary et al., 2019).

Tabel 1. Sifat fisik penetrasi aspal 60/70

Jenis Pengujian	Spesifikasi	Nilai	Metode Pengujian
Penetrasi 25°C(0.1 mm)	60-79	66	SNI 2456-2011
Titik Lembek [°C]	≥48	53.5	SNI 2434:2011
Daktilitas pada 25° C [cm]	≥100	≥100	SNI 2432:2011
Titik nyala [°C]	≥232	270	SNI 2433:2011
Berat Jenis	≥1.0	1.07	SNI 2441:2011

Sumber: Spesifikasi Bina Marga Revisi 3 (2010)

Tabel 2. Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Agregat Kasar		
Jenis Pengujian	Persyaratan	
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Maks. 30%	SNI 2417-2008
Kelekatan agregat terhadap aspal	Min. 95%	SNI 2439-1991
Material lolos ayakan No. 200	Maks. 1 %	SNI 03-4142-1996
Berat isi		
Berat Jenis		
Agregat Halus		
Jenis Pengujian	Persyaratan	
Material lolos ayakan No. 200	Min. 8%	SNI 03-4428-1997
Kadar lempung	Min. 95%	SNI 2439-1991
Material lolos ayakan No. 200	Maks. 1 %	SNI 03-4142-1996
Berat isi		
Berat Jenis		

Sumber: Spesifikasi Bina Marga Revisi 3 (2010)

Secara urutan tahapan kegiatan yang dilakukan meliputi (Rahman & Zega, 2018):

a. Persiapan bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat campural aspal AC-WC yaitu aspal penetrasi 60/70, filler abu sabut kelapa yang diperoleh dari perumahan masyarakat di Desa Rimau Sungsang Kabupaten Banyuasin II. Abu serabut kelapa digunakan sebagai filler dengan variasi kadar ASK sebesar 4%, 4,5% dan 5% dari berat total campuran. Agregat kasar berupa batu pecah ½ dan kasa 1/1, agregat halus dari PT. Sinar Musi Sumatera Selatan.

b. Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji yang dibuat dalam penelitian ini terdiri 9 benda uji dan setiap benda uji diberikan ASK yang berbeda-beda dari 4% ; 4,5% ; 5% dan 6% untuk kadar aspal.

Sabut kelapa direndam terlebih dahulu untuk membersihkan dari kotoran yang menempel kemudian dikeringkan pada suhu 30° selama 24 jam. Sabut kelapa yang sudah dikeringkan di campurkan ke dalam aspal lalu ditambahkan agregat.

Jumlah sampel dan komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Campuran Benda Uji *filler* ASK

No	Kadar Aspal Rencana	Kadar Serat	Jumlah Benda Uji (Buah)
1	6,0%	4%	3
2	6,0%	4,5%	3
3	6,0%	5%	3
	Total		9

Sumber: Hasil Penelitian (2024)

c. Metode Pengujian

Penetrasi dan titik lunak aspal diuji menggunakan dan alat pengukur titik lembek. Alat uji daktilitas digunakan untuk mengukur daktilitas bahan pengikat pada suhu 14 C dan kecepatan tariknya 50 mm/menit.

d. Analisis berupa perbandingan nilai-nilai hasil pengujian dan perhitungan.

HASIL

Pengujian agregat

Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik dari agregat kasar, halus, dan *filler* menunjukkan material-material tersebut telah memenuhi seluruh persyaratan yang tertuang dalam spesifikasi yang disyaratkan. Hasil pengujian disajikan secara rinci pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Karakteristik	Standar Pengujian	Syarat	Hasil		Klasifikasi
			Split	Screen	
A. Agregat kasar					
1 Berat jenis bulk	SNI 1969 - 2008	Min 2,5	2,54	2,53	Layak
2 Berat jenis SSD	SNI 1969 - 2008	-	2,58	2,57	Layak
3 Berat jenis apparent	SNI 1969 - 2008	-	2,41	2,65	Layak
4 Penyerapan	SNI 2417 - 2008	Maks 3%	1,44	1,9	Layak
5 Abrasi los angles	SNI 2417 - 2008	Maks 40%	37,99	37,99	Layak
6 Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 1989 - 2008	Min 95%	95%		Layak
B. Agregat Halus					
			Dust	Sand	
1 Berat jenis bulk	SNI 1970 - 2008	Min 2,5	2,54	1	Layak
2 Berat jenis SSD	SNI 1970 - 2008	-	2,58	2	Layak
3 Berat jenis apparent	SNI 1970 - 2008	-	2,41	3	Layak
4 Penyerapan	SNI 1970 - 2008	Maks 3%	1,44	4	Layak
C. Filler					
1 Lolos saringan #200	SNI 1969 - 2008	Min 70%	100 %	1	Layak
2 Berat jenis filler semen	SNI 1969 - 2008	-	3,15	2	Layak

Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Tabel 4. Berdasarkan hasil uji agregat kasar; agregat halus dan filler dapat memenuhi persyaratan spesifikasi sehingga itu hasil pengujian dapat direkomendasikan.

Campuran aspal Laston yang diuji menggunakan aspal penetrasi 60/70, sesuai spesifikasi Bina Marga. Hasil lengkap pengujian tersebut tertuang pada Tabel. 5.

Tabel 5. Hasil Uji Aspal

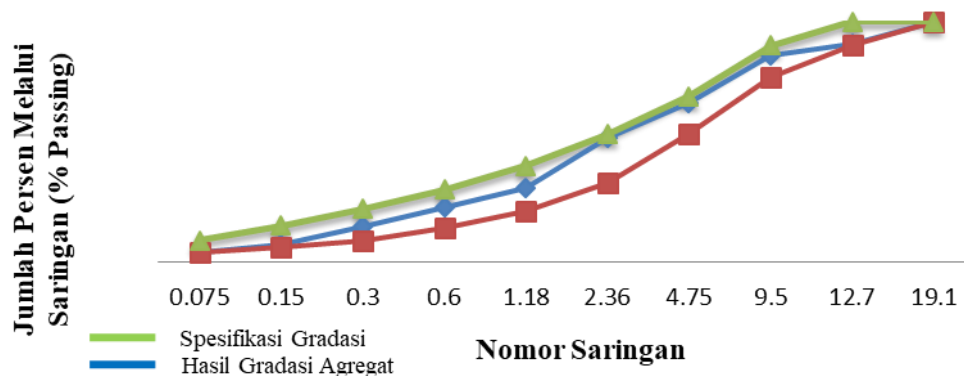
No	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat jenis	SNI 03-2441 – 2011	Min 1	1,033
2	Titik lembek	SNI 06- 2434 – 2011	MIN 50 ⁰	50 ⁰ C
3	Titik nyala	SNI 06- 2433- 2011	MIN 232 ⁰	310,5 ⁰ C
4	Titik bakar	SNI 06- 2433- 2011	-	315 ⁰ C
5	Dektalitas	SNI 06- 2432- 2011	Min 100 cm	> 150 cm
6	penetrasi	SNI 06- 2456- 2011	60 - 70	66

Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Berdasarkan Tabel 5, agregat yang digunakan memenuhi persyaratan sehingga aspal ini dapat digunakan dalam campuran AC-WC.

Komposisi Agregat

Perhitungan komposisi campuran menggunakan metode amplop gradasi AASTHO. Perhitungan komposisi campuran AC-WC ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Gradasi Campuran AC - WC

Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Pada gambar 1. Menunjukkan komposisi campuran yang didapat dari hasil perhitungan telah memenuhi spesifikasi, oleh karena itu hasil uji gradasi agregat direkomendasikan dalam pembuatan benda uji untuk menentukan nilai KAO.

Pengujian Marshall Konvensional

Hasil uji Marshall untuk memperoleh nilai kadar aspal yang paling optimal (KAO) pada campuran aspal. KAO diperoleh dengan menganalisis hubungan antara kadar aspal dengan berbagai parameter seperti stabilitas, kepadatan, dan void. Dalam uji ini, tiga benda uji dibuat untuk setiap kadar aspal dan kemudian diuji untuk mendapatkan nilai VMA, VFA, VIM, Stabilitas, flow dan Density . Hasil rata-rata dari ketiga benda uji ini digunakan untuk menentukan KAO disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Marshall Konvensional

No	Kadar Aspal Pb %	Kepadatan t/m ³	VIM 3,5 – 5,0 %	VMA Min 15%	VFA Min 65%	Stabilitas Min 800 kg	Flow 2 – 4 mm	MQ ≥ 250kg/mm
1.	4,5	2,274	7,727	16,635	59,609	1193,7	2,60	459,12
2.	4,5	2,278	6,563	16,488	60,245	1285,5	2,70	476,08
3.	4,5	2,276	6,645	16,561	59,926	1256,5	2,80	448,76
Rata-rata		2,276	6,645	16,561	59,927	1245,2	2,70	461,32
1	5	2,221	8,251	19,004	56,624	1261,5	2,83	445,76
2	5	2,312	4,492	15,685	71,415	1311,6	2,85	460,23
3	5	2,308	4,657	15,831	70,634	1180,5	2,80	407,06
Rata-rata		2,280	5,800	16,840	66,224	1251,2	2,86	437,68
1	5,5	2,289	4,773	16,963	71,915	1442,8	3,00	480,94
2	5,5	2,288	4,824	17,000	71,730	1130,9	3,05	370,78
3	5,5	2,275	5,365	17,471	69,397	1256,5	3,10	405,33
Rata-rata		2,284	4,987	17,145	71,014	1276,6	3,05	419,02
1	6,0	2,297	3,768	17,114	78,033	1574,0	3,13	502,87
2	6,0	2,278	4,564	17,800	74,407	1256,5	3,20	392,67
3	6,0	2,288	4,103	17,403	76,472	1508,4	3,23	466,99
Rata-rata		2,288	4,145	17,439	76,304	1446,3	3,19	454,18
1	6,5	2,297	3,096	17,555	83,413	1311,6	3,25	403,58
2	6,5	2,274	4,066	18,380	77,924	1319,4	3,28	402,24
3	6,5	2,275	4,024	18,345	78,110	1382,2	3,30	418,85
Rata-rata		2,282	3,729	18,093	79,482	1337,7	3,28	408,22

Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Dari Tabel 5. Hasil pengujian marshall konvensional akan digunakan sebagai pembandingan dan untuk menentukan nilai KAO, yaitu nilai rata-rata dari parameter marshall. Hasil dari pengujian marshall tersebut kemudian dilakukan pengujian kepadatan absolut dengan penentuan KAO yang dilakukan yang ditunjukkan seperti pada Tabel 6. KAO merupakan rentang kadar aspal yang memenuhi syarat campuran aspal yaitu Stabilitas, Flow, VMA, VIM dan VFA. Nilai KAO diperoleh dari hasil campuran parameter dinyatakan sebagai nilai kadar aspal dalam perencanaan pembuatan benda uji.

Tabel 6. Menentukan KAO

Variabel	Kadar Aspal				
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stabilitas					
Flow					
VMA					
VIM					
VFA					
Kadar Aspal Optimum : 6,0%					

Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Pengujian Parameter Marshall Modifikasi

Hasil uji marshall dilakukan untuk memperoleh nilai berdasarkan hasil pengujian kadar aspal 6% dituangkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian modifikasi parameter marshall

No.	Kode Briket	Kadar Aspal Pb %	VIM 3,5 – 5,0 %	VMA Min 15%	VFA Min 65%	Stabilitas Min 800 kg	Flow 2 – 4 mm	MQ 250 kg/mm
1.	4 ₁	4,5%	6,365	22,162	36,939	992	3,0	330,67
2.	4 ₂	4,5%	7,625	23,210	34,798	1157	3,10	373,33
3.	4 ₃	4,5%	6,826	22,545	36,133	992	2,90	342,07
Rata-rata			6,939	22,639	35,957	1047	3,0	348,69
4	4,5 ₁	5%	8,466	24,797	36,073	793,6	2,70	293,93
5	4,5 ₂	5%	7,522	24,046	37,570	1047,1	2,80	373,97
6	4,5 ₃	5%	7,946	24,369	36,914	826,7	3,00	275,56
Rata-rata			7,988	24,404	36,852	889,1	2,83	314,48
7	5 ₁	5,5%	12,565	23,504	43,152	1212,4	2,83	505,19
8	5 ₂	5,5%	10,762	21,963	47,204	826,7	2,40	317,95
9	5 ₃	5,5%	12,094	23,128	44,157	1146,3	2,70	424,56
Rata-rata			11,807	22,877	44,838	1061,8	2,57	415,9

Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Berdasarkan Tabel 7. Menunjukkan nilai VIM pada campuran laston yang memenuhi spesifikasi yaitu 3% - 5% pada kadar aspal 4% dengan nilai 6,939%. Semakin tinggi nilai VIM maka semakin besar rongga-rongga dalam campuran aspal sehingga campuran bersifat porous, sehingga mengurangi keawetannya karena kurang padat sehingga air dan udara dengan mudah dapat masuk kedalam rongga-rongga laston AC-WC. Sedangkan untuk nilai VMA berdasarkan spesifikasi yang diizinkan yaitu 15%. Nilai kadar ASK 4% sebesar 22,639%, terjadi peningkatan pada penambahan kadar ASK 4,5% dengan nilai 24,404% dan terjadi penurunan pada penambahan kadar ASK 5% dengan nilai 22,877%. Sementara nilai VFA pada kadar aspal 4% dengan nilai 4,5%, 5% semuanya tidak memenuhi spesifikasi yaitu Min 65% dan nilai terbaik yang didapat dari variasi kadar aspal adalah kadar aspal 5% ASK dengan nilai 44,838%. Apabila nilai VFA lebih kecil dari persyaratan maka akan mengakibatkan campuran aspal berpori.

Nilai stabilitas dengan kadar ASK 4%, 4,5%, 5% semuanya memenuhi yang diijinkan yaitu 800 kg. Nilai kadar ASK 4% sebesar 1047 kg, terjadi penurunan pada penambahan kadar ASK 4,5% dengan nilai 889,1 kg dan terjadi peningkatan pada penambahan kadar ASK 5% dengan nilai 1061,8 kg. Nilai Kelelahan. (*Flow*) pada kadar ASK modifikasi 4%, 4,5%, 5% semuanya memenuhi syarat nilai yang diijinkan sebesar 2 mm – 4 mm. Dari hasil penelitian terhadap nilai flow, setiap penambahan kadar ASK nilai flow mengalami penurunan.

Pengujian Marshall Test Aspal Konvensional dan Aspal Modifikasi

Hasil pengujian Marshall Test aspal konvensional berbeda dengan pengujian Marshall Test aspal modifikasi dan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji Marshall untuk Aspal Konvensional dan Aspal Modifikasi

No	Parameter	Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3	Aspal normal	Aspal modifikasi 4% ASK	Aspal modifikasi 4,5% ASK	Aspal modifikasi 5% ASK
1	Stabilitas	≥ 800 kg/mm	1446,3	1047	889,1	1061,8
2	<i>Flow</i>	≥ 2 – 4 mm	3,19	3,0	2,83	2,57
3	VIM	≥ 3 – 5 %	4,1	6,939	7,988	11,807
4	VMA	≥ 15 %	17,439	22,639	24,404	22,877
5	VFA	≥ 65%	76,304	35,957	36,852	44,838
6	MQ	≥ 250 %	421,269	348,69	314,48	415,9

Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Berdasarkan Tabel 8 menunjukkan perbandingan nilai antara nilai Marshall aspal normal dan nilai Marshall aspal modifikasi. Nilai VMA aspal modifikasi dengan kadar 4,5% dengan nilai 24,404% lebih tinggi dibandingkan dengan aspal normal dengan nilai 17,439%. Sedangkan nilai VIM dan nilai VFA untuk aspal modifikasi dengan kadar ASK 4%, 4,5%, 5%, tidak ada yang memenuhi spesifikasi.

SIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan Abu Serabut Kelapa (ASK) sebagai filler pada campuran aspal penetrasi 60/70 tidak dapat digunakan karena nilai VIM dan VFA tidak memenuhi spesifikasi, menjelaskan hasil pengujian pada nilai VIM yang paling mendekati yaitu pada kadar ASK 4% diperoleh sebesar 6,939% dan nilai VFA yang paling besar atau paling mendekati yaitu pada kadar ASK 5% diperoleh sebesar 44,838%. Menurut persyaratan nilai VIM dan persyaratan nilai VFA, jika nilai lebih besar dari persyaratan maka rongga-rongga pada campuran aspal akan semakin besar sehingga campuran bersifat porous, hal ini menandakan kurangnya durabilitas yang menyebabkan air dan udara mudah masuk ke dalam rongga-rongga laston AC-WC. Dan berdasarkan hasil pengujian aspal laston lapis AC-WC normal diperoleh nilai kadar KA0 sebesar 6%, dengan hasil nilai VIM 4,145%, VMA 17,439%, VFA 76,304%, stabilitas 1446,3 kg, dan nilai flow 3,19 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Bethary, R. T., Subagio, B. S., Rahman, H., & Suaryana, N. (2019). Effect of recycled materials on marshall performance of hot asphalt mixture (HMA – RAP). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 508, 012048. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/508/1/012048>
- Departemen Fisika Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran, & Nurhilal, O. (2018). Pengaruh Komposisi Campuran Sabut dan Tempurung Kelapa terhadap Nilai Kalor Biobriket dengan Perekat Molase. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 2(1), 8–14. <https://doi.org/10.24198/jiif.v2i1.15606>
- Harnaeni, S. R., Pramesti, F. P., Budiarto, A., Setyawan, A., Khan, M. I., & Sutanto, M. H. (2020). Study on Structural Performance of Asphalt Concrete and Hot Rolled Sheet Through Viscoelastic Characterization. *Materials*, 13(5), 1133. <https://doi.org/10.3390/ma13051133>
- Karyawan, I. D. M. A., Yuniarti, R., Widianty, D., Hasyim, H., & Wahyudi, M. (2021). Performance of Asphalt Mixture with Asbuton Based on Marshall Characteristics Compacted at Hot and Cold Temperatures. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(4), 549–555. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i4.884>
- Kim, Y.-M., Kim, K., & Le, T. H. M. (2024). Advancing Sustainability and Performance with Crushed Bottom Ash as Filler in Polymer-Modified Asphalt Concrete Mixtures. *Polymers*, 16(12), 1683. <https://doi.org/10.3390/polym16121683>
- Koitunget, J. S. M. (n.d.). *FIBRE EXTRACTION AND CHARACTERIZATION FROM COCONUT HUSKS WASTE FOR INDUSTRIAL APPLICATION*.
- Kunanusont, N., Sangpetngam, B., & Somwangthanaroj, A. (2021). Asphalt Incorporation with Ethylene Vinyl Acetate (EVA) Copolymer and Natural Rubber (NR) Thermoplastic Vulcanizates (TPVs): Effects of TPV Gel Content on Physical and Rheological Properties. *Polymers*, 13(9), 1397. <https://doi.org/10.3390/polym13091397>
- Nasrulloh, M., Sholichin, I., & Fatikasari, A. D. (2024). Analisis Pengaruh Serbuk Besi Sebagai Substitusi Agregat Halus pada Laston Lapis Aus (HRS-WC) Terhadap Kinerja Jalan Beraspal. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(2), 715. <https://doi.org/10.33087/talentsipil.v7i2.616>
- Nisumanti, S., Amalia, G., & Putri, S. (2022). The Effect of Latex on The Characteristics of Asphalt Concrete Wearing Course. *Proceedings of the International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism-ICCAUA*, 5(1), 937–945. <https://doi.org/10.38027/ICCAUA2022EN0146>
- Nisumanti, S., & Yusuf, M. (2020). Pengaruh Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Filler Aspal Penetrasi 60/70. *Jurnal Tekno Global UIGM Fakultas Teknik*, 8(2). <https://doi.org/10.36982/jtg.v8i2.900>
- Putra, N. A., & Putra, A. (2023). Pengujian Aproksimat Karbon Limbah Sabut Kelapa (Cocos nucifera). *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 12(1), 27. <https://doi.org/10.24036/p.v12i1.116901>
- Rahman, H., & Zega, R. T. (2018). Analisis Kesesuaian Model Modulus Aspal dan Campuran Laston Lapis Aus untuk Aspal Modifikasi Asbuton Murni. *Jurnal Teknik Sipil*, 25(1), 71. <https://doi.org/10.5614/jts.2018.25.1.9>
- Santoso, I., & Roy, S. K. (n.d.). *PENGARUH PENGGUNAAN BOTTOM ASH TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON*. 5(2).
- Universidad de Antioquia-UdeA, Loaiza, A., Garcia, E., & Colorado, H. A. (2019). Evaluation of asphalt binder blended with coconut coir dust and residual coconut fibers for structural applications. *Revista de La Construcción*, 17(3), 542–554. <https://doi.org/10.7764/RDLC.17.3.542>
- Yuniarti, R. (2015). MODIFIKASI ASPAL DENGAN GETAH PINUS DAN FLY ASH UNTUK MENGHASILKAN BIO-ASPAL. *JURNAL SAINS TEKNOLOGI & LINGKUNGAN*, 1(2). <https://doi.org/10.29303/jstl.v1i2.8>
- Yuniarti, R., Hasyim, H., Rohani, R., & Widianty, D. (2021). SIFAT VOLUMETRIK CAMPURAN LASTON MENGGUNAKAN ASPAL MODIFIKASI GETAH PINUS DAN LIMBAH STYROFOAM. *JURNAL SAINS TEKNOLOGI & LINGKUNGAN*, 7(1), 66–77. <https://doi.org/10.29303/jstl.v7i1.214>
- Yuniarti, R., Widianty, D., Rohani, R., & Hasyim, H. (2020). Tinjauan Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course Menggunakan Aspal Tua Dengan Berbagai Bahan Peremaja. *JURNAL SAINS TEKNOLOGI &*

Sartika Nisumanti et al., *Inovasi Material Berkelanjutan: Optimasi Penggunaan Abu Sabut Kelapa sebagai Alternatif Filler pada Aspal Beton*

LINGKUNGAN, 6(2), 132–143. <https://doi.org/10.29303/jstl.v6i2.141>

Zhao, X., Lu, Z., Su, H., Le, Q., Zhang, B., & Wang, W. (2023). Effect of Sasobit/Waste Cooking Oil Composite on the Physical, Rheological, and Aging Properties of Styrene–Butadiene Rubber (SBR)-Modified Bitumen Binders. *Materials*, 16(23), 7368. <https://doi.org/10.3390/ma16237368>