



## PENGARUH PENGGUNAAN CANGKANG BUAH KELAPA SAWIT SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPHALT CONCRETE - BINDER COURSE (AC-BC)

Lala Riyadi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika,  
Universitas Muhammadiyah Palangka Raya

Jl. RTA Milono Km 1,5, Langkai, Kec. Pahandut, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah 73111

\*Email: [lalariyadi76@gmail.com](mailto:lalariyadi76@gmail.com)

Diajukan:16/06/2022 Direvisi:29/11/2022 Diterima:30/11/2022

### Abstrak

*Penggunaan Agregat dalam campuran laston dengan harga yang cukup mahal. Sehingga perlu adanya alternatif yang lebih murah dengan kualitas yang memadai. Limbah cangkang kelapa sawit ini mudah dan murah didapat karena merupakan limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik marshall AC-BC dengan penggunaan pecahan cangkang buah kelapa sawit sebagai substitusi agregat kasar serta mengetahui apakah AC-BC yang menggunakan pecahan cangkang buah kelapa sawit dapat digunakan pada perkerasan jalan. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan metode pengujian marshall di laboratorium. Pengujian yang dilakukan dengan variasi 1 (cangkang kelapa sawit 0%), variasi 2 (cangkang kelapa sawit 2,5%), variasi 3 (cangkang kelapa sawit 5%), variasi 4 (cangkang kelapa sawit 0%). Pengujian dilakukan dengan perendaman selama 30 menit. Berdasarkan hasil pengujian didapat nilai stabilitas maksimum pada variasi 1 sebesar 1601 kg, nilai flow maksimum pada variasi 2 sebesar 3,45 mm, nilai VMA maksimum pada variasi 3 sebesar 15,41 %, nilai VFA maksimum pada variasi 1 sebesar 67,25%, nilai VIM maksimum pada variasi 3 sebesar 8,03 mm, nilai marshall quotient maksimum pada variasi 1 sebesar 546 kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran AC – BC dengan kombinasi cangkang kelapa sawit perlu pertimbangan karena sebagian parameter marshall tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 divisi 6.*

**Kata kunci:** Laston, Cangkang Sawit, Uji Marshall

### Abstract

*The use of aggregates in Easton mixtures counted is expensive, hence it is necessary to find cheaper alternative with adequate quality. In terms of the availability and benefits of palm oil, palm shell waste is easy and cheap to obtain and is considerable waste. This study aims to determine the marshall characteristics of AC-BC by using palm fruit shell fragments as a substitution for coarse aggregates and find out whether AC-BC using palm fruit shell fragments can be used on road pavements. This research is an experimental study with marshall testing methods in the laboratory. The tests were carried out with in three variations and by using soaking method. The result shows maximum stability value in variation 1 was 1601 kg, the maximum flow value in variation 2 was 3.45 mm, the maximum VMA value in variation 3 was 15.41%, the maximum VFA value in variation 1 was 67.25%, the maximum VIM value in variation 3 was 8.03 mm, the maximum marshall quotient value in variation 1 was 546 kg. The mixture of AC – BC with a combination of palm shells was not staisfied because some marshall parameters do not meet the 2018 Bina Marga General Specification division 6.*

**Keywords:** Laston, palm shell, Marshall test

## 1. PENDAHULUAN

Lapisan beton aspal jenis *Asphalt Concrete- Binder Course* (AC-BC) adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal yang berfungsi sebagai lapisan penutup dari konstruksi jalan yang harus mampu menjaga kestabilan jalan akibat dari beban kendaraan dan pengaruh cuaca. Pada Spesifikasi Umum Perkerasan Jalan (2010), beton aspal campuran panas menetapkan gradasi untuk AC-BC terdiri dari yang bergradasi kasar dan bergradasi halus. Agregat bergradasi kasar dapat digunakan pada daerah yang mengalami deformasi tinggi seperti pada gerbang tol, daerah pegunungan dan pada daerah dekat lampu merah (Sumiati, 2014).

Cangkang (tempurung atau endoskrup), kelapa sawit merupakan limbah padat sawit hasil pemisahan dari pada inti sawit dengan menggunakan alat hidrocyclone separator yang dapat dimanfaatkan sebagai pengeras jalan atau dibuat arang, briket untuk industri (Siregar, 2008). Penggunaan Agregat dalam campuran laston cukup mahal. Oleh karena itu, perlu adanya upaya untuk menekan pembiayaan dalam pemilihan bahan campuran sebagai alternatif yang lebih murah dengan kualitas yang memadai. Ditinjau dari segi ketersediaan dan manfaat dari kelapa sawit, limbah cangkang kelapa sawit ini mudah dan murah didapat serta merupakan limbah yang cukup besar. penelitian bermanfaat untuk mengetahui efisisensi penggunaan limbah cangkang kelapa sawit sebagai bahan substitusi agregat kasar dalam campuran laston.

Dalam penelitian sebelumnya Juzar, R. A dan Rahmadani, T. I (2018) cangkang kelapa sawit digunakan sebagai substitusi agregat halus dengan variasi persentasi cangkang sawit yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% pada campuran AC-WC untuk menentukan nilai kadar aspal optimum dan parameter Marshall yang dapat memenuhi spesifikasi.

Penelitian ini menggunakan variasi campuran yaitu 0%, 2,5%, 5% dan 7,5% dari total berat cangkang kelapa sawit yang digunakan, yang mengacu pada Standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Devisi 6.

Beberapa hal yang perlu dibahas dalam penelitian ini adalah karakteristik marshall AC-BC dengan penggunaan pecahan cangkang

dan kelayakan AC-BC dengan menggunakan pecahan cangkang buah kelapa sawit sebagai subtsituasi agregat kasar.

## 2. METODOLOGI

Dalam bab ini akan dibahas mengenai alat dan baham, batasan penelitian yang dapat memperjelas penelitian ini, dan juga juga tahapan pelaksanaan penelitian.

### 2.1 Bahan dan Alat

Campuran beton aspal panas yang digunakan dalam penelitian ini meliputi,

- a. Aspal dengan penetrasi 60/70 produksi SHELL.
  - b. Agregat kasar yang digunakan berasal dari daerah Merak.
  - c. Cangkang buah kelapa sawit yang digunakan adalah produksi dari PKS MKM (Pabrik Kelapa Sawit Menteng Kencana Mas, Kanamit, Maluku, Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah).
  - d. Agregat halus (pasir) yang berasal dari daerah Tangkiling, Palangkaraya.
  - e. Agregat halus (abu batu) yang digunakan berasal dari daerah Merak.
  - f. Bahan pengisi (filler) berupa Semen Portland.
- Bahan lain yang diguankan adalah,
- a. Aspal dengan penetrasi 60/70 produksi SHELL.
  - b. Agregat kasar yang digunakan berasal dari daerah Merak.
  - c. Cangkang buah kelapa sawit yang digunakan adalah produksi dari PKS MKM (Pabrik Kelapa Sawit Menteng Kencana Mas, Kanamit, Maluku , Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah).
  - d. Agregat halus (pasir) yang berasal dari daerah Tangkiling, Palangkaraya.
  - e. Agregat halus (abu batu) yang digunakan berasal dari daerah Merak.
  - f. Bahan pengisi (filler) berupa Semen Portland.

Peralatan yang digunakan peneliti dalam penelitian kali ini antara lain:

- a. Alat penguji material agregat dan filler
- b. Alat yang digunakan untuk pengujian agregat dan filler antara lain mesin Los Angeles (pengujian abrasi), satu set alat analisa saringan standar, oven, timbangan dengan ketelitian 1 gram, alat

- pengujian berat jenis (piknometer, timbangan dengan ketelitian 0,1 gram, oven), water bath (bak perendam) dan tabung sand equivalent.
- c. Alat tekan marshall yang terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 3000 kg (6000 lbs) yang dilengkapi dengan arloji pengukur kelelahan plastis (flow meter).
  - d. Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 10,2 cm (4 in) dengan tinggi 9,52 cm untuk marshall modifikasi dan dilengkapi dengan plat dan leher sambung.
  - e. Penumbuk manula yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan diameter 9,8 cm (3,86 inchi), berat 4,5 kg (10 lbs), dengan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 inchi) untuk marshall standar.
  - f. Ejector untuk mengeluarkan benda uji setelah dipadatkan.  
Bak perendam (water bath) yang dilengkapi pengatur suhu.  
Alat-alat penunjang meliputi panci pencampur, kompor pemanas, termometer, kipas angin, sendok pengaduk, kaos tangan, sarung tangan, kain lap, spatula, timbangan dan spidol untuk menandai benda



Gambar 1. Cangkang Sawit

## 2.2 Pengumpulan Dan Analisis Data

Data-data yang diperoleh dari hasil penelitian di analisis menggunakan bantuan untuk mengolah data seperti perangkat lunak (software) yaitu microsoft excel dan menggunakan campuran hot mix dengan cara penambahan cangkang buah kelapa sawit dengan variasi 0%, 2,5%, 5% dan 7,5% sebagai substitusi agregat kasar. Acuan dari penelitian di dapat melalui percobaan berikut:

1. Pengujian fisik aspal berupa penetrasi 60/70.

2. Pengujian Fisik bahan tambah.
3. Perhitungan Mix Design (persentase agregat)
4. Pembuatan sampel dengan penambahan Limbah kelapa sawit, Sebagai agregat kasar cangkang buah kelapa sawit.
5. Pengujian marshall.

## 2.3 Tahapan Pengerjaan

Hal pertama yang dilakukan adalah persiapan alat dan bahan, yang dilanjutkan dengan pengujian material yang sudah disiapkan. Material dalam hal ini dibedakan menjadi dua jenis yaitu agregat dan limbah cangkang kelapa sawit. Pengujian meliputi uji berat jenis dan analisa saringan.

Langkah selanjutnya adalah pemeriksaan apakah material sudah memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Jika belum, maka pemilihan material harus diulang dan dilakukan pemeriksaan kembali.

Apabila material telah memenuhi spesifikasi maka, material dapat dimasukkan dalam beberapa variasi uji. Variasi 1 Cangkang Buah Kelapa Sawit 0%. Variasi 2 Cangkang Buah Kelapa Sawit 2,5%. Variasi 3 Cangkang Buah Kelapa Sawit 5%. Variasi 4 Cangkang Buah Kelapa Sawit 7,5%.

Benda uji hasil variasi tadi kemudian diuji kelayakannya. Jumlah benda uji yang dipakai dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Sampel

Persentase Cangkang Sawit	Jumlah Sampel
0 %	3
2,5 %	3
5 %	3
7,5 %	3
<b>Total Sampel</b>	<b>12 buah</b>

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian Bahan

Hasil pengujian bahan pada campuran AC-BC dapat dilihat pada penjelasan Tabel 1 s.d Tabel 5. Tabel 1 s.d Tabel 3 menjelaskan mengenai hasil uji berat jenis agregat, Tabel 4 dan Tabel menjelaskan mengenai berat jenis

material campuran yang dipakai dalam pengujian.

Tabel 2. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian-an	Spesifikasi-kasi	Hasil	Satuan	Keterangan
Abrasi Berat Jenis	$\leq 40$	16,93	%	Memenuhi
Curah (BULK) Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,612	gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
SSD Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,623	gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
Semu Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,640	gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
Penyerapan	$\leq 3$	0,395	%	Memenuhi

Tabel 3. Pengujian Berat Jenis Agregat Sedang

Pengujian	Spesifikasi-si	Hasil	Satuan	Keterangan
Abrasi Berat Jenis	$\leq 40$	16,93	%	Memenuhi
Curah (BULK) Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,626	gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
SSD Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,635	gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
Semu Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,651	gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
Penyerapan	$\leq 3$	0,350	%	Memenuhi

Tabel 4. Pengujian Berat Jenis Abu Batu

Pengujian	Spesifikasi-si	Hasil	Satuan	Keterangan
Berat Jenis Curah (BULK)	$\geq 2,5$	2,501	gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
Berat Jenis SSD	$\geq 2,5$	2,562	gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
Berat Jenis Semu	$\geq 2,5$	2,667	gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
Penyerapan	$\leq 3$	2,483	%	Memenuhi

Tabel 5. Pengujian Berat Jenis Cangkang Kelapa sawit

Pengujian	Spesifikasi-kasi	Hasil	Satuan	Keterangan
Abrasi Berat Jenis	$\leq 40$	-	%	Memenuhi
Curah (BULK) Berat Jenis	$\geq 2,5$	1,277	gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
SSD Berat Jenis	$\geq 2,5$	1,287	gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
Semu Berat Jenis	$\geq 2,5$	1,290	gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
Penyerapan	$\leq 3$	0,800	%	Memenuhi

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa agregat yang digunakan telah memenuhi spesifikasi umum bina marga 2018 divisi 6.

### 3.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan kadar aspal optimum di mulai dengan menghitung kadar aspal rencana (Pb) berdasarkan proporsi agregat yang telah didapat (Persamaan 1). Hasil dari proporsi campuran aspal disajikan pada Tabel 6.

$$Pb = 0,035.( \%CA ) + 0,045.( \%FA ) + 0,18.( \%FF ) + K \quad 1$$

Dimana :

CA = Coarse Agregat (Agregat Kasar)

FA = Fine Agregat (Agregat Halus)

FF = Filler (Bahan Pengisi)

K = 0,75 - 1 untuk Laston

Dengan CA sebesar 47,02 %, FA sebesar 47,69 % dan FF sebesar 5,29 %.

$$CA = 100 \% - 52,98 \%$$

$$CA = 47,02 \%$$

$$FA = 52,98 \% - 5,29 \%$$

$$FA = 47,69 \%$$

$$FF = 5,29 \%$$

Kemudian didapatkan nilai kadar aspal rencana,  $Pb = 0,035 \times (47,02) + 0,045 \times (47,69) + 0,18 \times (5,29) + 0,75$

$Pb = 5,494$  menjadi 5,5 %. Didapatkan Pb sebesar 5,5 %.

Tabel 6. Presentase Campuran Aspal

Presentase Campuran Aspal				
Pb-1%	Pb-0,5%	Pb	Pb+1	Pb+0,5
			%	%
4,5	5,0	5,5	6,0	6,5

Tabel 7. Hasil Pengujian Marshall Nilai PenentuKAO

Sifat– Sifat Campuran	Hasil Pengujian %				
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Density	2,23	2,26	2,29	2,32	2,31
VMA	16,31	15,48	14,94	14,27	15,28
VFA	45,94	56,31	66,58	78,62	80,38
VIM	8,82	6,76	4,99	3,05	3,00
Stabilitas	1526	1387	1630	1746	1620
Flow	2,83	3,80	3,48	4,15	4,88
Marshall	539	365	468	421	322
Qouintient					

Kadar Aspal Optimum ditentukan dengan menggunakan metode marshall. Beberapa parameter seperti stabilitas, kelelahan, kepadatan, VIM, VFA, VMA, diperoleh dari hasil analisis pengujian marshall. Nilai Kadar Aspal Optimum ditentukan sebagai nilai tengah dari rentang kadar aspal maksimum dan minimum yang memenuhi semua syarat spesifikasi. Maka dapat ditentukan Kadar Aspal Optimumnya adalah 5,65 % (Tabel 7).

### 3.3 Hasil Pengujian Marshall Pada Campuran Variasi Cangkang Kelapa Sawit

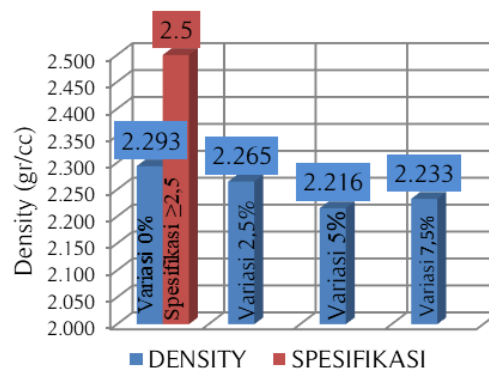
Uji marshall (Tabel 8) pada variasi campuran cangkang buah kelapa sawit dengan kadar aspal optimum dilakukan agar mendapatkan nilai karakteristik marshall maksimal dan mengetahui pengaruh penambahan bahan tambah dalam campuran aspal. Pengujian marshall dilakukan dengan 1 jenis perendaman dan lama waktu perendaman sekitar 30 menit perendaman dalam suhu 60 °C. Perendaman dilakukan bertujuan untuk mengetahui ketahanan aspal saat tergenang di dalam air baik dalam keadaan hujan maupun pada saat banjir.

Tabel 8. Hasil Pengujian Marshall Campuran Cangkang Kelapa Sawit

Sifat– Sifat Campuran	Hasil Pengujian %			
	0	2,5	5,0	7,5
Density	2,29	2,26	2,22	2,23
VMA	15,00	14,82	15,41	13,45
VFA	67,25	59,24	47,91	45,92
VIM	4,91	6,04	8,03	7,27
Stabilitas	1601	1514	1564	1299
Flow	2,93	3,45	3,32	3,30
Marshall	546	439	471	394
Qouintient				

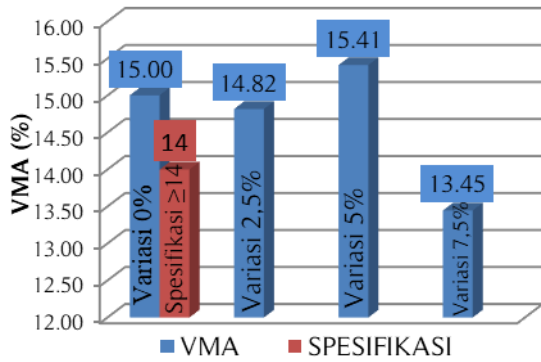
Perbedaan perendaman ini dimaksudkan agar dapat mengetahui perbedaan ketahanan aspal terhadap genangan air dan untuk mengetahui Indeks Kekuatan Sisa (IKS) melalui Marshall Immersion Test. Berikut ini tabel hasil pengujian Marshall variasi cangkang kelapa sawit yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Nilai kepadatan (*density*) setelah dilakukan uji marshall dengan variasi 0 %, 2,5 %, 5 % dan 7,5 %. Diperolehlah hasil yang dapat dilihat pada Gambar 2.



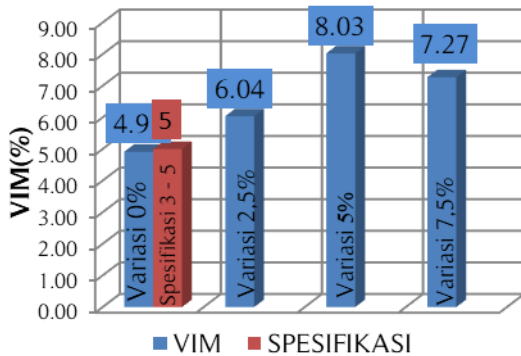
Gambar 2. Nilai *Density* Cangkang Sawit

Dari Gambar 2 disimpulkan bahwa pengaruh penggunaan cangkang kelapa sawit sebagai substitusi agregat kasar pada campuran aspal mengalami penurunan kepadatan pada aspal dan tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai kepadatan tertinggi adalah campuran pada variasi 0% atau variasi normal sebesar 2,293 gram, sedangkan variasi 2,5% dan 5% mengalami penurunan kepadatan, dan naik kembali pada variasi 7,5%. Sedangkan pada campuran tanpa penambahan cangkang sawit hasil tertinggi sebesar 2,292 gram.

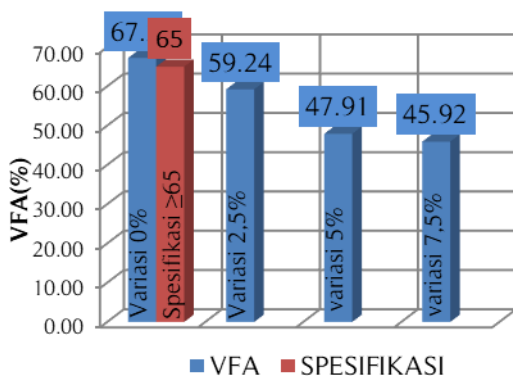


Gambar 3. Nilai VMA Cangkang Sawit

Gambar 3 menunjukkan penambahan cangkang dapat mengurangi nilai VMA aspal dan dapat mengalami penambahan sesuai variasi yang digunakan. Nilai VMA tertinggi yaitu pada variasi 5,0% dengan nilai 15,41 %. Dan pada variasi 0%, sebesar 15,00% , mengalami penurunan pada variasi 2,5% dan pada variasi 7,5 % menurun drastis. Sedangkan pada campuran tanpa penambahan cangkang sawit hasil tertinggi sebesar 16,31%. Mengalami penurunan sebesar 5,5 %.



Gambar 4. Nilai VIM Cangkang Sawit

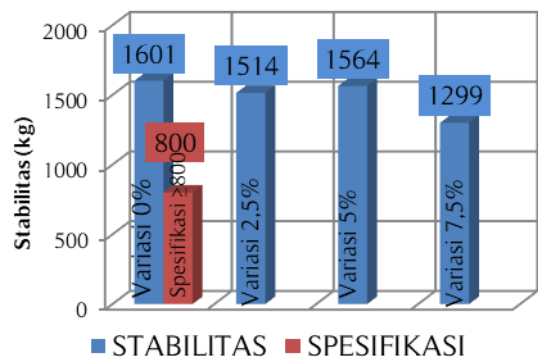


Gambar 5. Nilai VFA Cangkang Sawit

Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil VIM yang didapat pada masing-masing benda uji mempunyai nilai yang berbeda-beda. Nilai

VIM tertinggi yaitu pada variasi 5,0% dengan nilai 8,03 %, pada variasi 2,5% sebesar 6,04%, untuk variasi 7,5% sebesar 7,27% dan pada variasi 0% masuk spesifikasi sebesar 4,91%. Sedangkan pada pencampuran tanpa penambahan cangkang sawit hasil tertinggi sebesar 8,82 %. Mengalami penurunan sebesar 9 %.

Di sisi lain Gambar 5 menunjukkan bahwa masing-masing benda uji mempunyai nilai dan pola yang berbeda-beda berdasarkan nilai *void filled asphalt*. Semakin besarnya persentase variasi cangkang kelapa sawit maka nilai VFA yang dihasilkan akan semakin menurun. Nilai rata-rata VFA terbesar yaitu pada variasi 0% sebesar 67,25% dan nilai terkecil pada variasi 7,5% sebesar 45,92%. Sedangkan pada pencampuran tanpa penambahan cangkang sawit hasil tertinggi sebesar 80,35%. Mengalami penurunan sebesar 16,3 %.

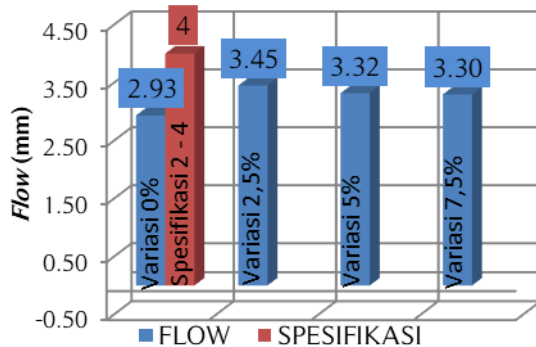


Gambar 6. Nilai Stabilitas Cangkang Sawit

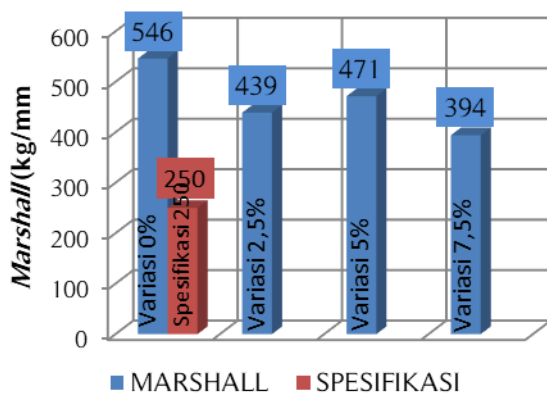
Gambar 6 menjelaskan bahwa stabilitas mengalami penurunan seiring bertambahnya jumlah presentase pada variasi cangkang kelapa sawit. Namun pada variasi 2,5% dan 5,0% cenderung terjadi kenaikan nilai stabilitas. Nilai rata-rata stabilitas tertinggi didapat sebesar 1601 kg. pada pencampuran tanpa penambahan cangkang sawit hasil tertinggi sebesar 1746 kg. Mengalami penurunan sebesar 8,4% atau 146 kg. Dan semua variasi memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 divisi 6.

Nilai flow tertinggi ditunjukkan pada Gambar 7 yaitu pada variasi 0% dan 2,5% mengalami kenaikan, sedangkan pada variasi antara 2,5%, 5% dan 7,5% cenderung

mengalami penurunan. Nilai tertinggi sebesar 3,45 mm pada variasi 2,5%, Sedangkan bila dibandingkan dengan tanpa campuran cangkang sawit hasil tertinggi sebesar 4,88 mm sehingga mengalami penurunan sebesar 29,3% atau 1,43 mm. Semua variasi tersebut memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 divisi 6.



Gambar 7. Nilai Flow Cangkang Sawit



Gambar 8. Nilai Marshall Qoutient Cangkang Sawit

Seiring besarnya variasi penggunaan cangkang kelapa sawit maka nilai marshall akan cenderung menurun (Gambar 8). Pada variasi 2,5% - 5,0% mengalami kenaikan dan menurun lagi pada vada variasi 7,5%. Nilai tertinggi sebesar 546 kg. Sedangkan pada campuran tanpa penambahan cangkang sawit hasil tertinggi sebesar 539 kg sehingga mengalami peningkatan sebesar 1,3 %. Akan tetapi semua variasi memenuhi syarat Bina Marga 2018 divisi 6.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil yang didapat mengenai karakteristik campuran pengaruh penggunaan cangkang

kelapa sawit sebagai substitusi agregat kasar berdasarkan parameter marshall menyebabkan terjadinya penurunan nilai stabilitas sebesar 8,4 %, *void in Mineral Agregate* (VMA) menurun sebesar 5,5%, *Void Filled Asphalt* (VFA) menurun sebesar 16,3%, *void in mix* (VIM) menurun sebanyak 9%, *flow* menurun sebesar 29,3% dan *marshall quotient* mengalami peningkatan sebesar 1,3%.

2. Hasil data yang telah didapat penggunaan cangkang kelapa sawit pada variasi 4 (cangkang kelapa sawit 7,5 %) masih belum bisa digunakan sebagai bahan campuran AC – BC dikarenakan nilai VMA tidak memenuhi syarat spesifikasi. Pada variasi 2, 3, dan 4 (cangkang kelapa sawit 2,5%, 5,0%, dan 7,5% ) masih belum bisa digunakan sebagai bahan campuran AC – BC dikarenakan nilai VIM dan nilai VFA nya tidak memenuhi syarat spesifikasi umum Bina Marga 2018 devisi 6.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agusmaniza, R., Saleh, S. M., & Anggraini, R. (2018). Uji Durabilitas Campuran Ac-Wc Menggunakan Kombinasi Limbah Plastik Dan Abu Cangkang Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 725–736. <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JTS/article/view/10032>
- Alli, S., Mukhlis, M., Lusya, L., Adibroto, F., & Suardi, E. (2019). Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Yang Mengandung Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Agregat Kasar. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 16(2), 113–123. <https://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/article/view/216>
- Alwi, S., Putrawirawan, A., & Hidayat, R. (2020). Pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit sebagai Filler terhadap Karakteristik Marshall pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda*, 12(2), 17–24. <http://ejournal.polnes.ac.id/index.php/inersia/article/view/668>
- Jaya, T. M., Bahri, S., & Razali, M. R. (2019). Studi Penggunaan Pasir Laut Sebagai

- Filler Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (Ac-Bc). *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 15–20. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/inersiajurnal/article/view/6682>
- Kaseke, O. H., & Pandey, S. V. (2017). Quotient Dengan Ratio Partikel Lolos Saringan No .# 200 – Bitumen Efektif Pada Campuran Jenis Laston. 5(1). <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/js/article/view/15733>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga. (2010). Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3) Divisi 6 (pp. 1–89). [https://keselamatanjalan.files.wordpress.com/2015/02/divisi-6\\_spek-2010-rev-3.pdf](https://keselamatanjalan.files.wordpress.com/2015/02/divisi-6_spek-2010-rev-3.pdf)
- Lusyana, L., Mukhlis, M., Alli, S., & Kharlindo, M. Y. (2021). Kinerja Durabilitas Campuran Aspal Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) dengan Substitusi Cangkang Sawit sebagai Agregat Halus. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 81. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/ift/article/view/11061>
- Mukhlis, M., Lusyana, L., Suardi, E., & Adibroto, F. (2018). Kinerja Marshall Immersion pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan Penambahan Cangkang Sawit sebagai Substitusi Agregat Halus. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 15(2), 99–105. <https://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/article/view/130>
- 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), 62–69. <http://ejournal.uigm.ac.id/index.php/TG/article/view/900>
- Panduan Praktikum (2019). Perkerasan Lentur Jalan Raya (Campuran Aspal Panas), Universitas Muhammadiyah Palangkaraya, Palangkaraya. <http://journal.unpar.ac.id/index.php/journaltransportasi/article/view/2975>
- Putri, E. E., Adrian, A., & Hariadi, M. (2014). Penggunaan Limbah Cangkang Kelapa Sawit ( CKS ) Sebagai Agregat Kasar pada Campuran Aspal HRS-WC. *Civil Engineering (ACE)*, November, 52–64. <http://conference.ft.unand.ac.id/index.php/ace/ace2014/paper/viewPaper/403>
- Siregar, P. (2008). Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Campuran Semen Pada Beton. *Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Sumatera Utara*. <http://journal.unpar.ac.id/index.php/journaltransportasi/article/view/2975>
- Sihombing, A. V. R., Subagio, B. S., & Hariyadi, E. S. (2018). Potensi Bioaspal Pada Bahan Daur Ulang Aspal Dan Campuran Beraspal Hangat. *Jurnal Transportasi*, 18(1), 59–66. <http://journal.unpar.ac.id/index.php/journaltransportasi/article/view/2975>
- Sumiati, & Sukarman. (2014). Influence of Aggregate Gradation on Asphalt Concrete Characteristic Value (AC-BC). *Journal of Civil Engineering*, 10(1), 85–91. <https://www.jurnal.polsri.ac.id/index.php/pilar/article/view/429/345>
- Spesifikasi Umum Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018. Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, September. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22959621>
- Supriadi, S., Cahyo, Y., Ridwan, A., & Candra, A. I. (2019). Penelitian Penambahan Bahan Batu Padas Pada Campuran Aspal Beton. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 2(1), 154. <http://ojs.unikkediri.ac.id/index.php/jurmateks/article/view/407>
- Tohir, M., & Findia, F. (2020). Analisis Penambahan Abu Cangkang Sawit Pada Campuran Lapis Aspal Beton (Laston). *Jurnal Riset Pembangunan*, 3(1), 10. <https://jrp.kaltimprov.go.id/index.php/jrp/article/view/69>
- Winarno, B., Catur Budi, K., Iwan Candra, A., Muslimin, S., Kunci, K., & Abu Batu, F. (2020). Pengaruh Abu Batu Sebagai Filler Terhadap Kinerja Aspal Beton AC-WC Pada Test Marshall. *Jurnal CIVILA*, 5(2), 468–475. <http://www.jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/CVL/article/view/493>



- Winayati, F. Lubis. (2018). Analisis Karakteristik Marshall Campuran Ac-Bc. Siklus, Jurnal Teknik Sipil, 4(1), 51–58. <https://journal.unilak.ac.id/index.php/SIKLUS/article/view/1129>
- Winayati, W., Lubis, F., & Haris, V. T. (2017). Pengaruh Filler Abu Tandan Sawit Terhadap Karakteristik Marshal Pada Campuran Ac-Bc. SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil, 3(1), 19–26. <https://journal.unilak.ac.id/index.php/SIKLUS/article/view/370>