



## Karakteristik *Marshall* Campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) Yang Mengandung Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Agregat Kasar

<sup>1</sup>Syaifullah Ali, <sup>2</sup>Mukhlis, <sup>3</sup>Lusyana, <sup>4</sup>Fauna Adibroto, <sup>5</sup>Enita suardi

<sup>1,2,3,4</sup>D4 Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang

<sup>5</sup>D3 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang

<sup>1</sup>syaifullahali58@yahoo.com, <sup>2</sup>Palito\_alam@yahoo.com, <sup>3</sup>Lusyana\_poli@yahoo.com,

<sup>4</sup>fauna\_adibroto@yahoo.com, <sup>5</sup>enitasuardi@yahoo.com, ,

### Abstract

Most important characteristic the AC-BC mix is the stability of the surface layer where the surface layer must be able to accept all types of work loads. As a foundation layer, the asphalt content it contains must be sufficient so that it can provide a waterproof coating. The aggregate used is rather rough compared to the surface wear layer. The aggregate requirement that dominates in the asphalt mixture makes us research what materials can be used as a mixture in the asphalt mixture. Palm oil waste provides an alternative opportunity as a material making up the asphalt mixture. The intended waste is oil palm shell which can be used as a substitute for coarse aggregate in asphalt mixture. The purpose of this study is to obtain the AC-BC mix KAO calculation without using an oil palm shell and using a palm oil shell with variations of 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, and 15% as substitution of coarse aggregate and know the effect of adding palm shells to the mixture of test specimens on Marshall parameter values. Before the manufacture of test specimens, the materials are tested in advance in accordance with the 2010 Revised 3 General Specifications. 3. The variation of asphalt content used with or without oil palm shells is 5.0% to 7.0%, with an interval of 0.5% . Mixing of test specimens at a temperature of 158 oC was compacted using Marshall compactors, with a total of 75 collisions compaction for each plane of the test object at 146 oC. The addition of oil palm shells to the asphalt mixture showed an increase in KAO value. Based on the results of the study, the oil palm shell was suitable as an additive to the Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) mixture because it met the requirements of the 2010 Revised 3 General Bina Marga General Specifications..

*Keywords: mixture of AC-BC, oil palm shells, KAO, Marshall parameters*

### Abstrak

Karakteristik yang terpenting pada campuran AC-BC adalah stabilitas lapisan permukaan dimana lapisan permukaan ini harus mampu menerima seluruh jenis beban yang bekerja. Sebagai lapis pondasi, maka kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis yang kedap air. Agregat yang digunakan agak kasar dibandingkan lapisan aus permukaan. Kebutuhan agregat yang mendominasi dalam campuran aspal membuat kita meneliti material apa yang bisa dijadikan sebagai bahan campuran pada campuran aspal tersebut. Limbah kelapa sawit memberikan peluang alternatif sebagai material penyusun campuran aspal. Limbah yang dimaksud ialah cangkang kelapa sawit dimana dapat dijadikan sebagai bahan pengganti agregat kasar dalam campuran aspal. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan

### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 15-09-2019 | Selesai Revisi : 30-10-2019 | Diterbitkan Online : 01-11-2019

perhitungan KAO campuran AC-BC tanpa menggunakan cangkang kelapa sawit dan menggunakan cangkang kelapa sawit dengan variasi 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% sebagai substitusi agregat kasar dan mengetahui pengaruh penambahan cangkang kelapa sawit terhadap campuran benda uji pada nilai parameter *Marshall*. Sebelum pembuatan benda uji, bahan-bahan diuji terlebih dahulu yang mengacu pada standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3. Variasi kadar aspal yang digunakan dengan atau tanpa cangkang sawit adalah 5,0% sampai 7,0%, dengan interval 0,5%. Pencampuran benda uji pada suhu 158 °C dipadatkan dengan menggunakan pemadat *Marshall*, dengan jumlah pemadatan 75 tumbukan untuk masing-masing bidang permukaan benda uji pada suhu 146 °C. Penambahan cangkang kelapa sawit terhadap campuran aspal menunjukkan peningkatan nilai KAO. Berdasarkan hasil penelitian, cangkang kelapa sawit layak sebagai bahan tambah pada campuran *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) karena memenuhi standar persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3.

Kata kunci : campuran AC-BC, cangkang kelapa sawit, KAO, parameter *Marshall*

© 2019 Jurnal Ilmiah rekayasaSipil

## 1. Pendahuluan

Aspal, agregat kasar dan agregat halus, bahan pengisi (*filler*) adalah salah satu komponen dalam campuran yang mempunyai peranan besar pada sifat-sifat *Marshall*. Ditinjau dari segi ketersediaan yang cukup banyak dan manfaat dari cangkang kelapa sawit, maka dalam penelitian ini cangkang kelapa sawit dijadikan suatu alternatif sebagai bahan substitusi agregat kasar dalam campuran aspal.

Rekomendasi penelitian sebelumnya Ryan Ahadi Juzar dan Trian Ilham Rahmadani (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* memenuhi spesifikasi. Penelitian dilanjutkan dengan analisis karatekristik *Marshall* dan kadar aspal optimum campuran AC-BC menggunakan komposisi cangkang kelapa sawit variasi persentasi yaitu 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%,

12,5%, dan 15% sebagai substitusi agregat kasar.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapat dari setiap variasi cangkang kelapa sawit sebagai substitusi agregat kasar serta pengaruh penambahan cangkang kelapa sawit terhadap campuran benda uji dan membandingkan hasil parameter *Marshall* terhadap KAO. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui KAO campuran AC-BC menggunakan variasi cangkang kelapa sawit, mengetahui pengaruh penambahan cangkang kelapa sawit terhadap campuran benda uji terhadap nilai parameter *Marshall*. Penelitian ini diharapkan cangkang kelapa sawit dapat dijadikan sebagai bahan alternatif untuk menggantikan sebagian atau sebagai substitusi agregat kasar dalam campuran AC-BC pada perkerasan jalan sehingga memiliki kinerja yang lebih baik ataupun sama dengan campuran aspal standar.

## Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 15-09-2019 | Selesai Revisi : 30-10-2019 | Diterbitkan Online : 01-11-2019

---

**2. Metode Penelitian**

Pengujian pada penelitian ini dilaksanakan di laboratorium material jalan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang dengan variasi cangkang kelapa sawit yaitu 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% dan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,6%, dan 7%.

**2.1. Pengujian Bahan**

Bahan campuran dalam penelitian ini terdiri dari agregat kasar terdiri dari batu pecah dengan ukuran butiran lebih besar dari saringan No.4 (=4,75 mm). Agregat halus terdiri dari batu pecah dengan ukuran butiran lebih halus dari saringan No.4 (=4,75 mm). *Filler* bagian dari agregat halus yang minimum lolos 75% saringan No. 200 (=0,075 mm). Aspal yang digunakan penetrasi 60/70. Cangkang kelapa sawit digunakan sebagian disaringan 4,75 mm. Sebelum pembuatan benda uji, bahan-bahan diuji terlebih dahulu yang mengacu pada standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3.

Tabel 1. Spesifikasi agregat kasar

No	Jenis Pengujian	Standar	Nilai
1	Penyerapan (%)	SNI 03-1969-1990	<3%
2	1. Berat jenis Bulk	SNI 03-1969-1990	2,5-2,7
	2. Berat Jenis SSD		
	3. Berat Jenis Semu		
3	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium	SNI 3407:2008	12%
	Kekekalan bentuk agregat terhadap <i>magnesium sulfat</i>		18%
4	Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	SNI 2471:2008	40%
5	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	95%
6	Butir pecah pada agregat kasar	SNI 7619:2012	95/90%
7	Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D-4791	10%
8	Material lolos saringan No.200	SNI 03-4142-1996	2%

Tabel 2. Spesifikasi agregat halus

No	Jenis Pengujian	Standar	Nilai
----	-----------------	---------	-------

1	Penyerapan (%)	SNI 03-1969-1990	5%
2	1. Berat jenis Bulk	SNI 03-1969-1990	2,2-2,7
	2. Berat Jenis SSD		
	3. Berat Jenis Semu		
3	Nilai setara pasir	SNI 03-4428_1997	Min 60%
4	Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45%
5	Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	Sni 03-4141-1996	1%
6	Agregat lolos ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	10%

Tabel 3. Spesifikasi *filler*

No	Jenis Pengujian	Standar	Nilai
1	Berat Jenis	SII-0013-81	2,5-2,7
2	Material lolos saringan No.200	SNI ASTM C136:2012	75%

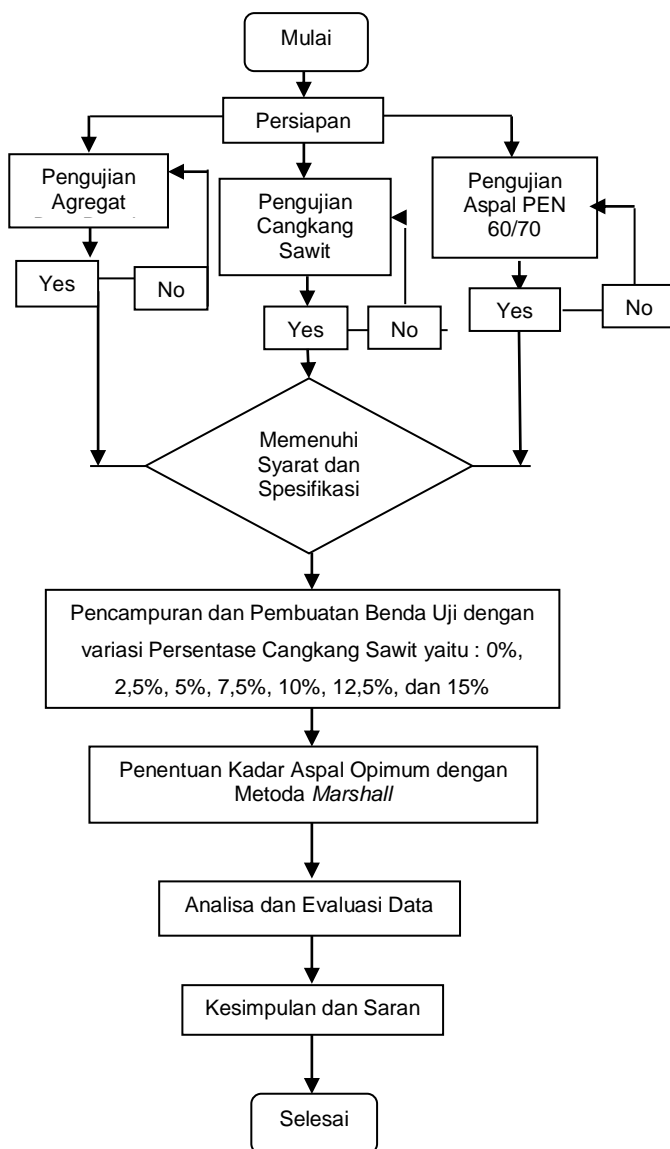
Tabel 4 : Spesifikasi aspal

No.	Jenis Pengujian	Standar	Tipe I Aspal Pen 60-70
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70
2.	Viskositas Kinematis 135°C	SNI 06-6441-1991	385
3.	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	≥ 48
4.	Daktalitas pada 25 °C (cm)	SNI 06-2432-1990	≥ 100
5.	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
6.	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	ASTM D-5546	≥ 99
7.	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
8.	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8

Jalannya penelitian ini mengikuti bentuk diagram alir seperti Gambar 1 dibawah ini :

**Informasi Artikel**

Diterima Redaksi : 15-09-2019 | Selesai Revisi : 30-10-2019 | Diterbitkan Online : 01-11-2019



Gambar 1 . Diagram Alir Penelitian

## 2.2. Perancangan Benda Uji

Mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) digunakan perencanaan dengan Metode *Marshall*. Pada pengujian dengan alat *marshall*, hal pertama dilakukan adalah menghitung perkiraan awal Kadar Aspal Tengah (Pb) dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

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

Dengan CA (*Coarse Aggregate*) adalah persen agregat tertahan saringan 2,36 mm. FA (*Fine Aggregate*) adalah persen agregat lolos saringan 2,36 mm dan tertahan saringan 0,075 mm. *Filler* adalah persen agregat lolos saringan 0,075 mm. K (Konstanta) 0,5 -1,0 untuk laston.

## 2.3. Jumlah Sampel Benda Uji

Pada penelitian ini, sampel benda uji terdiri dari 3 benda uji unrtuk masing-masing varisi persentase cangkang kelapa sawit yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Jumlah benda uji

No	% Cangkang Sawit	Kadar Aspal				
		5,0 %	5,5 %	6,0 %	6,5 %	7,0 %
1.	0%	3	3	3	3	3
2.	2,5%	3	3	3	3	3
3.	5%	3	3	3	3	3
4.	7,5%	3	3	3	3	3
5.	10%	3	3	3	3	3
6.	12,5%	3	3	3	3	3
7.	15%	3	3	3	3	3
Total Benda Uji Marshall		105				

## 2.4. Teknik Analisa Data yang Dipakai

Pelaksanaan penelitian ini membutuhkan alat bantu untuk mengolah data seperti perangkat lunak (*Software*) menggunakan Microsoft Excel untuk menampilkan analisis data berupa grafik, tabel, dan diagram serta perangkat keras (*Hardware*) dengan menggunakan peralatan laboratorium, alat tulis, dan material lainnya.

## 3. Hasil

### 3.1. Hasil Pengujian Bahan

Hasil dari pengujian bahan campuran AC-BC yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 7 sampai Tabel 11 berikut :

## Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 15-09-2019 | Selesai Revisi : 30-10-2019 | Diterbitkan Online : 01-11-2019

Tabel 6. Hasil pengujian agregat kasar

No	Jenis Pengujian	Nilai
1	Penyerapan	2,116%
	1. Berat jenis Bulk	2,531
2	2. Berat Jenis SSD	2,601
	3. Berat Jenis Semu	2,67
3	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium	2,87%
4	Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	32,135%
5	Kelekatan agregat terhadap aspal	96%
7	Partikel Pipih dan Lonjong	3,9% dan 3,3%
8	AIV ( <i>Agregate Impact Value</i> )	10,90%
9	ACV ( <i>Agregate Crushing Value</i> )	19,81%

Tabel 7. Hasil pengujian agregat halus

No	Jenis Pengujian	Nilai
1	Penyerapan	2,49%
	1. Berat jenis Bulk	2,528
2	2. Berat Jenis SSD	2,571
	3. Berat Jenis Semu	2,645

Tabel 9. Hasil pengujian filler

No	Jenis pengujian	Hasil
1.	Berat Jenis <i>Filler</i> ;t/m <sup>3</sup>	2,573

Tabel 8. Hasil pengujian aspal

No	Jenis Pengujian	Hasil
1.	Berat Jenis	1,049 t/m <sup>3</sup>
2.	Penetrasi	60,3 mm
3.	Daktilitas	122 ccm
4.	Kelekatan Agregat Pada Aspal	96%
5.	Titik Lembek	46,5 °C
6.	Titik Nyala dan Titik Bakar	354 °C & 405 °C
7.	Viskositas	146 & 158 cm <sup>2</sup> /detik
8.	Kehilangan Berat	0,19%

Tabel 9. Hasil pengujian cangkang sawit

No	Jenis pengujian	Hasil	Spesifikasi
1.	Berat Jenis		
	a. Bj Bulk	1,1	< 2 (termasuk kedalam agregat ringan)
	b. Bj SSD	1,335	
	c. Bj Semu	1,44	
2.	<i>Los Angeles</i> ; %	17,23	Maks 40
3.	AIV ( <i>Agregate Impact Value</i> ) ; %	10,90	Maks 30
4.	ACV ( <i>Agregate Crushing Value</i> ) ; %	2,54	Maks 30
5.	Kelekatan ; %	96	Min 95

### 3.2. Hasil Pengujian *Marshall* pada Campuran Variasi Cangkang Sawit

Variasi kadar aspal yang digunakan dengan atau tanpa cangkang sawit adalah 5,0% sampai 7,0%, dengan interval 0,5%. Temperatur yang digunakan untuk pencampuran dan pemadatan benda uji didapatkan dari kurva hasil percobaan Viskositas aspal. Pencampuran benda uji dilakukan pada temperatur 165 °C, selanjutnya dipadatkan dengan menggunakan pemadat *Marshall* pada temperatur 145 °C. Pemadatan untuk uji *Marshall* dilakukan dengan penumbukan sebanyak 75 kali per bidang dengan menggunakan penumbuk *Marshall*. Data dari pengujian *Marshall* tersebut ditunjukkan pada Tabel 10 sampai Tabel 16 .di bawah ini :

Tabel 10. Hasil pengujian *marshall* pada campuran 0% cangkang sawit

Sifat-Sifat Campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi	
	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	Min	Maks
Kadar Aspal: %	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0		
Kepadatan; t/m <sup>3</sup>	2,28 9	2,28 8	2,29 5	2,31 0	2,32 6		
VIM; %	5,09 2	4,48 2	3,34 5	2,27 7	1,00 0	3	5
VMA; %	14,9 1	14,3 4	14,4 5	14,4 5	14,3 1	≥ 14	-
VFA; %	63	69	75	83	93	≥ 65	-
Stabilitas; kg	179 5	169 5	160 0	150 0	140 0	≥ 800	-
Kelelahan; mm	4	2,5	1,0	1,1 2	1,1 4	2	4
<i>Marshall Quotient</i> ; kg/mm	30 0	65 0	10 00	12 50	13 50	≥ 250	-

### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 15-09-2019 | Selesai Revisi : 30-10-2019 | Diterbitkan Online : 01-11-2019

**Tabel 11.** Hasil pengujian *marshall* pada campuran 2,5% cangkang sawit

Sifat-Sifat Campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi	
						Min	Mak
Kadar Aspal; %	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0		
Kepadatan; t/m <sup>3</sup>	2,25	2,27	2,30	2,30	2,29		
VIM; %	6,21	4,57	2,80	2,25	1,83	3	5
VMA; %	15,0	14,3	14	14,2	14,4	≥ 14	-
VFA; %	56,0	69,0	79,0	84,0	89,0	≥ 65	-
Stabilitas; kg	1610	1615	1600	1550	1350	≥ 800	-
Kelelahan; mm	6,3	4,7	3,5	2,7	2,3	2	4
<i>Marshall Quotient</i> ; kg/mm	250	350	450	540	600	≥ 250	-

**Tabel 12.** Hasil pengujian *marshall* pada campuran 5% cangkang sawit

Sifat-Sifat Campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi	
						Min	Mak
Kadar Aspal; %	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0		
Kepadatan; t/m <sup>3</sup>	2,21	2,23	2,25	2,26	2,28		
VIM; %	7,00	5,42	4,71	3,27	1,15	3	5
VMA; %	15,5	15,4	15,3	15,0	14,8	≥ 14	-
VFA; %	55,0	63,0	76,0	80,0	90,0	≥ 65	-
Stabilitas; kg	1620	1640	1620	1500	1380	≥ 800	-
Kelelahan; mm	6,3	4,8	3,5	2,8	2,50	2	4
<i>Marshall Quotient</i> ; kg/mm	255	355	450	530	600	≥ 250	-

**Tabel 13.** Hasil pengujian *marshall* pada campuran 7,5% cangkang sawit

Sifat-Sifat Campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi	
						Min	Maks
Kadar Aspal; %	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0		
Kepadatan; t/m <sup>3</sup>	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0		
VIM; %	2,21	2,23	2,25	2,26	2,26	3	5
VMA; %	7,20	5,52	4,0	2,84	2,30	≥ 14	-
VFA; %	15,4	15,0	14,6	14,7	15,1	≥ 65	-
Stabilitas; kg	53,0	64,0	77,0	78,0	85,0	≥ 800	-
Kelelahan; mm	1600	1580	1500	1400	1300	2	4
<i>Marshall Quotient</i> ; kg/mm	6,5	5,0	3,80	3,0	2,50	≥ 250	-

**Tabel 14.** Hasil pengujian *marshall* pada campuran 10% cangkang sawit

Sifat-Sifat Campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi	
						Min	Mak
Kadar Aspal; %	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0		
Kepadatan; t/m <sup>3</sup>	2,18	2,19	2,20	2,22	2,24		
VIM; %	7,18	6,31	5,57	3,70	2,18	3	5
VMA; %	15,9	16,0	15,9	15,6	15,4 <sub>0</sub>	≥ 14	-
VFA; %	52,	58,5	65,0	75,0	85,0	≥ 65	-
Stabilitas; kg	1590	1500	1410	1385	1300	≥ 800	-
Kelelahan; mm	6,0	5,10	4,30	3,50	2,90	2	4
<i>Marshall Quotient</i> ; kg/mm	270	285	370	395	500	≥ 250	-

**Tabel 15.** Hasil pengujian *marshall* pada campuran 12,5% cangkang sawit

Sifat-Sifat Campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi	
						Min	Mak
Kadar Aspal; %	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0		
Kepadatan; t/m <sup>3</sup>	2,18	2,19	2,21	2,22	2,22		
VIM; %	7,43	6,05	4,74	4,17	3,20	3	5
VMA; %	15,2	15,1	15,2	15,2	15,5	≥ 14	-
VFA; %	53,0	60,0	68,0	75,0	80,0	≥ 65	-
Stabilitas; kg	1500	1490	1420	1385	1195	≥ 800	-
Kelelahan; mm	6,4	5,35	4,35	3,50	2,50	2	4
<i>Marshall Quotient</i> ; kg/mm	255	265	300	385	465	≥ 250	-

**Tabel 16.** Hasil pengujian *marshall* pada campuran 15% cangkang sawit

Sifat-Sifat Campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi	
						Min	Maks
Kadar Aspal; %	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0		
Kepadatan; t/m <sup>3</sup>	2,18	2,18	2,19	2,20	2,22		
VIM; %	7,0	6,57	5,49	4,17	2,54	3	5
VMA; %	15,0	15,4	15,7	15,5	15,3	≥ 14	-
VFA; %	53,5	57,5	65,0	78,0	83,0	≥ 65	-
Stabilitas; kg	1585	1420	1300	1220	1200	≥ 800	-
Kelelahan; mm	5,50	4,90	4,35	4,0	3,50	2	4
<i>Marshall Quotient</i> ; kg/mm	250	255	265	320	380	≥ 250	-

### 3.3. Hasil Kadar Aspal Optimum

#### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 15-09-2019 | Selesai Revisi : 30-10-2019 | Diterbitkan Online : 01-11-2019

Kadar aspal optimum ditentukan dengan menggunakan metoda *Marshall*. Beberapa parameter seperti stabilitas, kelelahan, kepadatan, volume rongga dalam campuran (VIM), volume rongga dalam mineral agregat (VMA) dan rongga terisi aspal (VFA), diperoleh dari hasil analisis terhadap pengujian *Marshall*. Nilai Kadar Aspal Optimum ditentukan sebagai nilai tengah, dari rentang kadar aspal maksimum dan minimum yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi. Kadar Aspal Optimum ditentukan dengan metode *bar-chart* yang merupakan rentang kadar aspal, yang memenuhi semua syarat kriteria campuran beraspal. Data dari hasil pengujian *Marshall* pada KAO *Marshall* ditunjukkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil pengujian *marshall* pada KAO *marshall*

Sifat-Sifat Campuran	Jenis Campuran						
	0%	2,5%	5%	7,5%	10%	12,5%	15%
Kadar Aspal Optimum; %	5,5	5,7	6,15	6,2	6,5	6,6	6,65
Kepadatan; t/m <sup>3</sup>	2,28	2,28	2,25	2,26	2,22	2,22	2,21
VIM; %	4,5	3,9	4,0	3,5	4,0	3,8	3,8
VMA; %	14,3	14,2	15,3	14,5	15,7	15,4	15,5
VFA; %	68,0	73,0	74,0	75,0	75,0	76,0	75,0
Stabilitas; kg	1700	1690	1600	1495	1350	1290	1200
Kelelahan; mm	3,0	3,6	3,4	3,45	3,5	3,3	3,5
<i>Marshall Quotient</i> ; kg/mm	750	455	470	440	390	400	395

## 4. Pembahasan

### 4.1. Analisa Pengujian Bahan

Hasil menunjukkan bahwa agregat yang digunakan pada campuran memenuhi standar spesifikasi yang dipakai. Berdasarkan hasil pengujian, agregat kasar yang digunakan dalam campuran sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Ada berat jenis yang tidak memenuhi persyaratan yaitu berat jenis SSD dan berat jenis semu pada saringan No.19,

berat jenis SSD dan berat jenis semu pada saringan No.1,18. Namun berdasarkan spesifikasi, nilai tersebut masih dapat diterima oleh karena sifat-sifat teknis yang lain masih dapat dipenuhi.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa aspal yang digunakan pada campuran memenuhi standar spesifikasi yang dipakai. Namun untuk nilai titik lembek yang diperoleh tidak memenuhi syarat spesifikasi sebesar 46,5 °C lebih kecil dari yang disyaratkan (min  $\geq$  48). Namun berdasarkan spesifikasi, nilai tersebut masih dapat diterima oleh karena sifat-sifat teknis yang lain masih dapat dipenuhi.

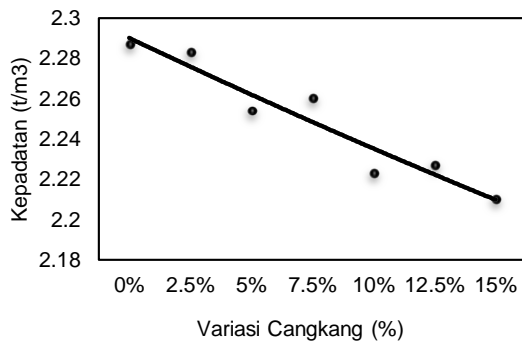
Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa cangkang kelapa sawit yang digunakan pada campuran memenuhi standar spesifikasi yang pakai.

### 4.2. Analisa Karakteristik *Marshall*

#### 4.2.1 Kepadatan

Kepadatan merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Berdasarkan Gambar.2 terlihat bahwa dengan penambahan kadar cangkang kelapa sawit terhadap aspal menyebabkan kepadatan campuran cenderung menurun dari persentase cangkang kelapa sawit 0% sampai 15%. Penurunan kepadatan diakibatkan oleh volume campuran dari cangkang kelapa sawit yang bertambah dan juga diakibatkan oleh berat jenis campuran padat bulk yang menurun.

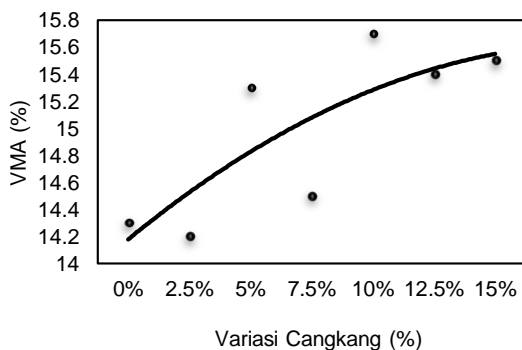
## Informasi Artikel



Gambar 2.. Hubungan Kepadatan dengan Variasi Cangkang

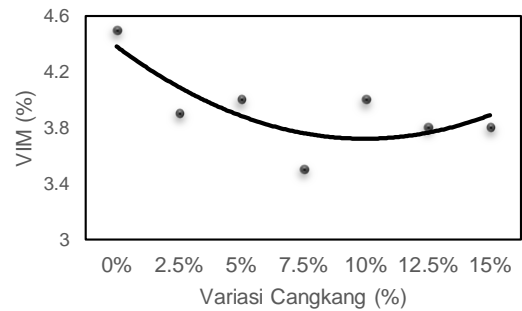
#### 4.2.2 Rongga diantara mineral agregat (VMA)

Rongga diantara mineral agregat (VMA) adalah ruang diantara partikel agregat suatu campuran beraspal meliputi rongga udara (VIM) dan rongga terisi aspal efektif (VFA) yang dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran dengan batas nilai VMA  $\geq 14\%$ . Gambar.3 membuktikan bahwa pada campuran cangkang dengan kadar cangkang yang semakin banyak, maka nilai VMA semakin besar hal ini disebabkan oleh bentuk cangkang sawit yang cekung dan berpotensi tidak tertutupi seluruhnya dengan aspal sebagai pengikat.



Gambar 3. Hubungan VMA dengan Variasi Cangkang

#### 4.2.3 Rongga Dalam Campuran ( VIM )

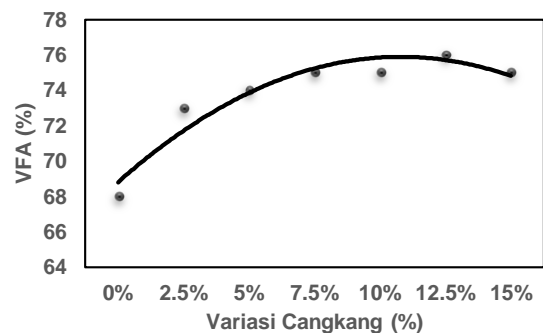


Gambar 4. Perbandingan VIM terhadap KAO

Pada Gambar 4 terlihat bahwa Campuran yang mempunyai kadar cangkang kelapa sawit yang besar menyebabkan nilai VIM semakin kecil. Pada campuran cangkang sawit 0% sampai 15% masih memenuhi spesifikasi (VIM 3% - 5%)..

#### 4.2.4. Rongga Terisi Aspal ( VFA )

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 Divisi 6 nilai VFA dibatasi  $\geq 65\%$ . Pada Gambar.5 menunjukkan bahwa peningkatan kadar cangkang sawit nilai VFA cenderung meningkat.



Gambar 5 . Hubungan VFA dengan Variasi Cangkang

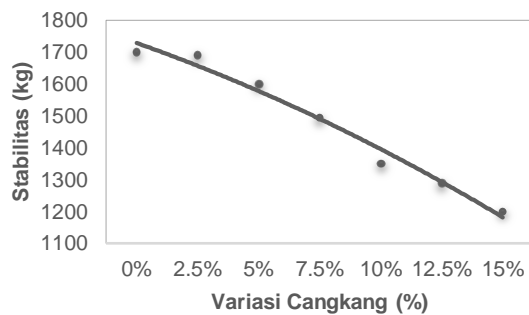
Dimana hal ini disebabkan karena campuran dengan penambahan persentase cangkang kelapa sawit memiliki nilai VIM menurun Apabila nilai VIM mengalami penurunan maka nilai VFA akan mengalami kenaikan.

#### 4.2.5 Stabilitas

### Informasi Artikel

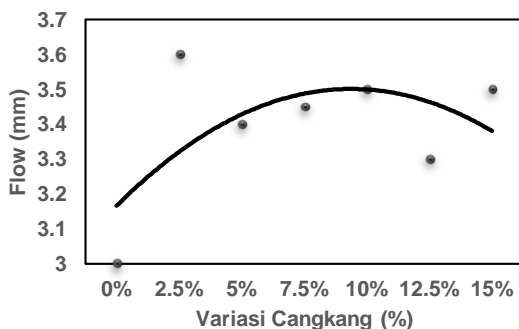


Stabilitas merupakan suatu ukuran kemampuan campuran untuk memikul beban lalu lintas sampai terjadi kelelahan plastis. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 Divisi 6 nilai Stabilitas dibatasi  $\geq 800$  Kg. Pada Gambar.6 terlihat bahwa semakin banyaknya cangkang kelapa sawit yang ditambahkan kedalam campuran, maka semakin rendah nilai stabilitas, dimana hal ini disebabkan ikatan mortar dalam campuran yang menggunakan cangkang kelapa sawit tidak kaku dan tidak tahan terhadap perubahan suhu sehingga menurunkan nilai kekuatan atau stabilitas jika dibandingkan dengan tanpa cangkang kelapa sawit



Gambar 6. Hubungan Stabilitas dengan Variasi Cangkang Sawit

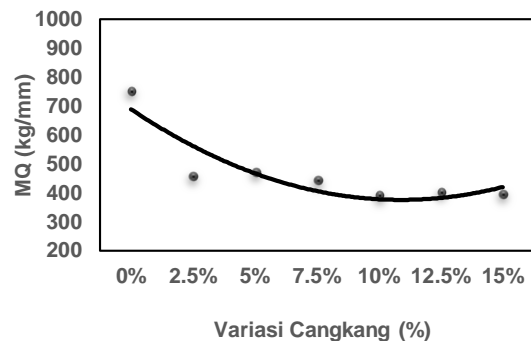
#### 4.2.6 Kelelahan (Flow)



Gambar 7. Hubungan *flow* dengan Variasi Cangkang Sawit

Nilai kelelahan (*flow*) merupakan ukuran kelenturan campuran untuk dapat meningkatkan deformasi yang akan terjadi akibat beban lalu lintas tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Tingkat kelelahan campuran dipengaruhi oleh kadar aspal dalam campuran, temperature, viskositas aspal dan bentuk partikel agregat. Berdasarkan Spesifikasi Umum 2010 revisi 3 bahwa syarat untuk kelelahan yaitu rentang 2,0-4,0 mm, semakin rendah nilai kelelahan maka campuran benda uji semakin getas sebaliknya bila nilai kelelahan tinggi maka campuran benda uji tersebut terlalu lentur atau mudah hancur. Hal ini berkaitan dengan kadar aspal yang digunakan.

#### 4.2.7 Marshall Quotient (MQ)



Gambar 8. Perbandingan MQ terhadap KAO

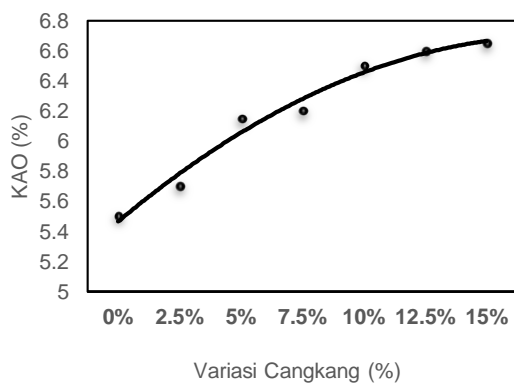
*Marshall Quotient* (MQ) adalah ukuran yang menunjukkan kekakuan campuran, yang merupakan perbandingan antara stabilitas dan kelelahan. Nilai MQ yang tinggi menunjukkan bahwa campuran memiliki kekuatan yang tinggi, namun berpotensi terjadi keretakan. Sebaliknya, nilai MQ yang rendah menunjukkan bahwa campuran rentan terhadap perubahan bentuk atau deformasi permanen. Pada Gambar.8 menunjukkan penambahan cangkang sawit mengakibatkan campuran aspal flownya menurun ini di karenakan

#### Informasi Artikel

campuran dengan cangkang yang tinggi mengakibatkan campuran tidak menjadi getas (kaku).

#### 4.3. Analisa Pengaruh Penggunaa Cangkang Sawit Terhadap KAO

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium yang dilakukan, didapatkan kadar aspal optimum campuran beraspal yang menggunakan cangkang kelapa sawit sebagai pengganti agregat kasar. Pada persentase cangkang kelapa sawit 0% memiliki nilai KAO 5,5; cangkang kelapa sawit 2,5% memiliki nilai KAO 5,7 cangkang kelapa sawit 5% memiliki nilai KAO 6,15; cangkang kelapa sawit 7,5% memiliki nilai KAO 6,2 cangkang kelapa sawit 10% memiliki nilai KAO 6,5; cangkang kelapa sawit 12,5% memiliki nilai KAO 6,6 cangkang kelapa sawit 15% memiliki nilai KAO 6,65.



Gambar 9, Hubungan KAO dengan Variasi Cangkang Sawit

Berdasarkan Gambar.9 menunjukkan bahwa akibat dari penambahan cangkang kelapa sawit nilai kadar aspal optimum bertambah. Hal ini terjadi karena pada campuran dengan cangkang kelapa sawit sebagai substitusi agregat kasar dalam memenuhi persyaratan karakteristik volumetrik campuran dan

karakteristik marshall membutuhkan kadar aspal yang lebih tinggi. Hal ini juga disebabkan karena berat jenis dari cangkang kelapa sawit yang lebih kecil dibanding berat jenis agregat halus, sehingga campuran beraspal membutuhkan kadar aspal yang lebih tinggi.

### 3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan yang dilakukan dapat diambil yaitu cangkang kelapa sawit layak sebagai bahan tambah pada campuran *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) karena memenuhi standar persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3. Penambahan cangkang kelapa sawit terhadap campuran aspal menunjukkan peningkatan nilai KAO. Penambahan cangkang kelapa sawit sangat mempengaruhi karakteristik dari parameter *Marshall*.

Berdasarkan hasil penelitian, diusulkan saran yaitu penelitian penggunaan cangkang kelapa sawit telah dilakukan pada campuran AC-WC sebagai substitusi agregat halus dan campuran AC-BC sebagai substitusi agregat kasar, maka setidaknya perlu dilakukan penelitian selanjutnya untuk campuran AC-Base. Penelitian dilakukan agar dapat diuji coba penggunaan campuran tersebut untuk jalan di Indonesia.

### Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Politeknik Negeri Padang sebagai donatur atau yang mendanai penelitian ini (Dana Dipa 2019). Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian.

### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 15-09-2019 | Selesai Revisi : 30-10-2019 | Diterbitkan Online : 01-11-2019

### Daftar Rujukan

- [1] Aztri, Y.K.. dkk., 2017. Pemanfaatan Limbah Cangkang dan Abu Tandan Sawit Terhadap Karakteristik Laston *Wearing Course* dan *Binder Course*. *Jurnal teknik Sipil universitas Sriwijaya*, 19-20 September 2017. Palembang.
- [2] Baskara., A., K., M., dkk. Analisis Kinerja Indeks Kekuatan Sisa Campuran Aspal Berongga Berbasis Asbuton Butir (Bga). *Jurnal Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*. Makassar.
- [3] Bina Marga. (2010). Spesifikasi Campuran Beraspal Panas pada Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Edisi 2010. Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- [4] Elsa., E., P., dkk. (2014). Penggunaan Limbah Cangkang Kelapa Sawit (CKS) Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Aspal HRS-WC. *Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas*, 27 November 2014, Padang.
- [5] Fauziah M., Henri F. (2013). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambah Untuk Meningkatkan Kekuatan Dan Keawetan Campuran *Asphal Concrete Binder Course (AC-BC)*. *Jurnal Prodi Teknik Sipil FTSP Universitas Islam Indonesia*,
- [6] Lusyana dkk. (2013). Evaluasi Kinerja Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) Memakai Limbah Abu-CPO sebagai *Filler*.
- [7] Reza., P., G. (2015). Durabilitas Campuran AC-BC Menggunakan Limbah Kerak Tanur Cangkang Kelapa Sawit (*Menggunakan Aspal Retona Blend 55*). *Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar Alue Peunyareng*, Meulaboh.
- [8] Rahmi., Z. (2015). Pengaruh Penggunaan Polimer Elvaloy Terhadap Nilai Index Kekuatan Sisa Pada Campuran Material Perkerasan Daur Ulang. *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional*, Desember 2015.
- [9] Sukirmanan, S., 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Granit, Jakarta
- [10] Winayati dkk. (2017). Pengaruh Filler Abu Tandan Sawit Terhadap Karakteristik Marshal Pada Campuran AC-BC. *Jurnal Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning*, Vol. 3 No. 1 April, 2017. Pekanbaru.
- [11] Winayati., Fadzrial L., (2018). Karakteristik *Marshall* Campuran AC-BC Menggunakan Filler Abu Tandan Sawit dan Abu Batu. *Jurnal Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning*, Vol. 4 No. 1 April, 2018. Pekanbaru.

### Informasi Artikel

Diterima Redaksi : 15-09-2019 | Selesai Revisi : 30-10-2019 | Diterbitkan Online : 01-11-2019

---