

# PENGARUH AIR GAMBUT TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN AC-WC YANG MENGGUNAKAN ABU TANDAN SAWIT SEBAGAI *FILLER*

Muhammad Rifal Fan Putra<sup>1)</sup>, Alfian Malik<sup>2)</sup>, Yosi Alwinda<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : [muhammad.rifal2181@student.unri.ac.id](mailto:muhammad.rifal2181@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Asphalt mixture for highway pavement consists of aggregate, filler, and asphalt. Materials commonly used as fillers are cement, sand, lime, and rock ash. These materials have limited availability, are relatively expensive, and are non-renewable materials. One of the alternatives to the filler is oil palm bunch ash which is a waste of the palm oil processing industry and is a renewable natural resource. The purpose of this study was to determine the effect of peat water on the characteristic value of the Marshall AC-WC mixture with oil palm bunch ash as filler. This study used the asphalt content used in the determination of KAO of 5.5%, 6%, 6.5%, 7%, and 7.5%. While the variations filler used were 0%, 2%, 4%, 6%, and 8%. This research was conducted under the General Specifications of Bina Marga 2018. The results of this study show that the AC-WC layer mixture when immersed in peat water has an increased KAO value in the range of 6.08% - 7.30%, for variations of filler 6% and 8%. not obtained because the characteristic parameters Marshall do not meet the specifications and the value of stability and durability has decreased. The filler 4% with immersion time of 0.5 hours gave the highest stability value of 919.93 kg, while the lowest yield was obtained at filler 0% with 24 hours soaking time of 513.80 kg. For Variations of filler 0%, 2%, and 4% with soaking time of up to 3 hours, the IKS value is more than 90% so that it meets the specifications.*

*Keywords: Palm Bunch Ash, Filler, Peat Water, AC-WC*

## PENDAHULUAN

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Provinsi Riau (2020), penyebaran lahan gambut di Pulau Sumatera tepatnya di Provinsi Riau memiliki luas sebesar 4,8 juta ha. Kandungan asam yang dimiliki oleh tanah gambut adalah pH 3-5 dimana dapat dikatakan asam apabila  $\text{pH} < 7$ . Apabila pada struktur perkerasan air yang bersifat asam masuk, maka dapat menyebabkan campuran aspal mudah teroksidasi sehingga kekuatan lekatan aspal dalam mempertahankan kohesi maupun adhesinya menjadi lemah (Prabowo, 2003). Struktur paling atas yang langsung bersentuhan dengan cuaca, ban kendaraan dan lainnya dari perkerasan jalan yaitu lapisan *Asphalt Concrete– Wearing Course* (AC-WC).

Salah satu jenis lapisan jalan menurut Spesifikasi Bina Marga pada pekerjaan jalan adalah lapisan *Asphalt Concrete– Wearing Course* (AC-WC). AC-WC adalah lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan memiliki tekstur yang paling halus daripada

jenis laston lainnya. Pada lapisan ini harus dalam kondisi kedap air agar air dan genangan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan kekuatan lapisan-lapisan tersebut.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Pekanbaru Tahun 2020, Kota Pekanbaru memiliki beberapa areal perkebunan, salah satunya yang terluas adalah areal perkebunan kelapa sawit. Pada tahun 2019 menunjukkan luas lahan perkebunan kelapa sawit adalah 2.537.375 ha dengan total produksi sebesar 7.466.260 ton (Badan Pusat Statistik, 2020). Besarnya produksi yang dihasilkan pasti menimbulkan limbah yang berasal dari kelapa sawit tersebut, salah satunya adalah abu tandan sawit. Abu tandan sawit sendiri mengandung banyak silika sebesar  $\pm 60\%$ , kandungan silika sangat bermanfaat dalam kandungan campuran semen. Semen berfungsi sebagai *filler* dalam campuran beton dan aspal. Selain itu, abu tandan sawit juga mengandung ion alkali (kalium dan natrium) (Zahrina, 2007).

Ketersediaan semen yang semakin berkurang menjadi salah satu penggunaan abu tandan sawit ini dapat digunakan sebagai bahan pengisi pada campuran aspal menggantikan semen.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Munawarah (2019) dapat memanfaatkan abu tandan sawit secara optimal dengan memanfaatkannya sebagai bahan pengisi untuk campuran AC-WC. Penelitian-penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa abu tandan sawit layak digunakan dalam campuran aspal sebagai bahan pengisi. Sedangkan pada penelitian Surya (2019) mengenai air gambut sebagai air rendamannya menunjukkan bahwa perkerasan aspal mampu menahan beban lalu lintas selama 72 jam.

Penelitian ini memiliki persamaan dengan penelitian sebelumnya yaitu pada penelitian ini dan penelitian terdahulu terlihat pada penggunaan abu tandan sawit yang diperoleh dari tandan sawit dan menggunakan pengujian durabilitas standar. Sedangkan perbedaannya adalah pada penelitian ini menggabungkan antara 2 (dua) penelitian terdahulu dengan menggunakan abu tandan sawit sebagai *filler* dan air gambut sebagai air rendamannya, serta menggunakan variasi kadar abu tandan sawit dan variasi lama perendaman yang berbeda. Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan abu tandan sawit sebagai bahan pengisi pada campuran AC-WC dengan pengaruh penggunaan air gambut.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Lapisan AC-WC

Lapisan Aspal Beton (Laston) merupakan lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang memiliki nilai struktural. Laston adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu yang menggunakan agregat bergradasi baik (Sukirman, 2010).

Lapisan AC-WC juga memiliki ketentuan sifat-sifat campuran sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Ketentuan sifat campuran tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Lapisan AC-WC

Sifat-sifat Campuran		Lapisan AC-WC
Jumlah tumbukan per bidang		75
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6
	Maks.	1,2
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0
	Maks.	5,0
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.	15
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min.	800
	Min.	2
	Maks.	4
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 C	Min.	90
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal ( <i>refusal</i> )	Min.	2

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

### Bahan Penyusun Lapisan AC-WC

#### Agregat

Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran-butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi, dan lain-lain. Sedangkan secara umum agregat didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat (Sukirman, 2003).

Sifat agregat merupakan faktor yang menentukan kemampuan sifat agregat pada perkerasan jalan untuk memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca/iklim. Oleh karena itu perlu adanya pemeriksaan yang teliti sebelum memutuskan suatu agregat dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan, dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya lekat terhadap aspal. Gradasi agregat merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan. Ukuran butir agregat dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Ukuran Butir Agregat

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
4"	100	3/8 "	9,5
3 1/2 "	90	No. 4	4,75
3"	75	No. 8	2,36
2 1/2 "	63	No. 16	1,18
2"	50	No. 30	0,6
1 1/2 "	37,5	No. 50	0,3
1"	25	No. 100	0,15
3/4 "	19	No.200	0,075
1/2 "	12,5	-	-

Sumber: Sukirman, 2003

Ketentuan – ketentuan dalam penggunaan agregat kasar dan halus dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Spesifikasi		
	Min	Max	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (%)	natrium sulfat magnesium sulfat	12 18	
Abrasi dengan mesin Los Angeles (%)	Campuran AC Modifikasi Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran 500 putaran 100 putaran 500 putaran	6 30 8 40
Kelekatan agregat terhadap aspal (%)		95	
Butir pecah pada agregat kasar (%)		95/90	
Partikel pipih dan lonjong (%)		10	
Material lolos saringan ayakan No. 200 (%)		2	

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

Tabel 4. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Spesifikasi	
		Min	Max
Nilai setara pasir (%)	SNI 03-4428-1997	50	
Angularitas dengan uji kadar rongga (%)	SNI 03-6877-2002	45	
Gumpalan lempung dan butir - butir mudah pecah dalam agregat (%)	SNI 03-4141-1996		1
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C 117:2012		10%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

## Aspal

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Maka aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperaturnya menurun. Bersama dengan

agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2003).

Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 menyatakan bahwa persyaratan aspal keras harus memenuhi ketentuan seperti pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Spesifikasi Untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	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 (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300
3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
4	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
5	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
6	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI 06-2440-1991)			
7	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2440-1991	≤ 0,8
8	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	≤ 54
9	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018

## Bahan Pengisi (*filler*)

Bahan pengisi yang merupakan mikro agregat ini harus lolos saringan nomor 200 (0,075 mm). Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan. Bahan pengisi yang ditambahkan, untuk semen harus dalam rentang 1% - 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% - 3% terhadap berat total agregat (Bina Marga, 2018).

Tabel 6. Gradasi Bahan Pengisi (*Filler*) untuk Lapis Perkerasan Beton Aspal

Pengujian	Standar	Nilai
Berat butiran lolos no.200 (0,075 mm)	SNI 03-4125-1996	≥ 75%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018

## Abu Tandan Sawit

Abu tandan sawit adalah limbah padat yang berasal dari pembakaran tandan kelapa

sawit yang digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap pada proses penggilingan minyak sawit (Agusmaniza, 2018).

Abu tandan sawit yang dihasilkan dari limbah padat kelapa sawit pada suhu sekitar 800 - 1.000°C pada pembangkit listrik tenaga uap di pabrik kelapa sawit (Syarif, 2016). Industri kelapa sawit menghasilkan limbah padat seperti serat, cangkang dan tandan kosong.

Abu tandan sawit dapat berfungsi sebagai pozzolan, yaitu bahan halus yang mengandung silika dan alumina yang bisa bereaksi dan membentuk bahan kandungan semen. Abu tandan sawit mengandung silikon dioksida yang tinggi dan dapat berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen. Pemanfaatan abu tandan sawit yang tepat dapat menjadi solusi dalam penggunaan semen dan mengurangi volume limbah sehingga sangat bermanfaat bagi kelestarian lingkungan (Mona, 2015).

### **Air Gambut**

Air gambut mempunyai sifat asam. Air gambut yang terletak di badan jalan akan masuk ke lapisan tanah dasar melalui bahu jalan. Hal tersebut dapat menyebabkan ikatan antar butir-butir agregat dan aspal lepas, sehingga dapat terjadinya pelapukan (Surya, 2019)

Penyebab yang dominan berpengaruh terhadap kerusakan jalan salah satunya adalah dikarenakan air dapat melonggarkan ikatan antara agregat dengan aspal. Ketika ikatan aspal dan agregat longgar karena air, kendaraan yang melintas akan memberikan beban yang menyebabkan retak atau kerusakan jalan lainnya. Selain itu, pada permukaan jalan yang terdapat genangan air dalam skala tinggi dapat menyebabkan air yang berada di bawah permukaan tanah menjadi jenuh. Menurut Dando (2016), genangan air dapat menyebabkan dasar perkerasan jalan jenuh atau sebagian. Air meresap masuk ke dalam perkerasan jalan dapat menyebabkan retakan pada struktur perkerasan jalan.

Pada penelitian ini digunakan air gambut yaitu mempunyai sifat air yang tidak diminum

karena memiliki kandungan organik. Ciri-ciri air gambut sebagai berikut:

- a. Intensitas warna yang tinggi (berwarna merah kecoklatan)
- b. pH berkisar antara 3-6,5
- c. Kandungan zat organik yang tinggi
- d. Kekeuhan dan kandungan partikel tersuspensi yang rendah
- e. Kandungan kation yang rendah

Perkerasan jalan yang terendam disebabkan oleh air sangat tidak disarankan terlebih lagi perkerasan jalan terendam dengan air gambut karena akan memberikan dampak yang sangat besar bagi perkerasan tersebut.

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau. Dalam penelitian ini digunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 sebagai referensi dan acuan untuk menentukan campuran Lapis aspal beton (AC- WC) dengan menggunakan metode pengujian *Marshall Test*. Sedangkan untuk standar pelaksanaan pengujiannya digunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berkaitan dengan pengujian Laston.

### **Bahan**

Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Aspal PEN 60/70 yang telah tersedia di Laboratorium Jalan Raya Universitas Riau.
2. Agregat kasar dan halus hasil produksi quari batu pecah daerah Pangkalan, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat.
3. Abu tandan sawit berasal dari Pabrik Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara V, Kabupaten Kampar.
4. Air gambut berasal dari daerah Kubang Raya, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar.

### **Peralatan**

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Alat uji pemeriksaan agregat
2. Alat uji pemeriksaan aspal.
3. Satu set saringan gradasi AC-WC

4. Cetakan benda uji dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm, lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.
5. *Extruder*
6. Alat Uji *Marshall*
7. Mesin penumbuk dengan permukaan yang rata berbentuk silinder dengan berat 4,54 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.
8. Oven dengan suhu mencapai 200 °C
9. *Water batch* atau bak rendaman dengan suhu mulai 10-100 °C
10. *Thermometer*
11. Timbangan
12. Perlengkapan lainnya

### Pengujian Bahan

Semua bahan yang akan digunakan diperiksa karakteristiknya agar sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

### Pengujian Aspal

Pengujian aspal PEN 60/70 yang dilakukan antara lain:

1. Pengujian penetrasi aspal (SNI 2456-2011)
2. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar aspal (SNI 2433-2011)
3. Pemeriksaan titik lembek aspal (SNI 2434-2011)
4. Pemeriksaan kehilangan berat aspal (SNI 06-2440-1991)
5. Pemeriksaan berat jenis aspal (SNI 2441-2011)
6. Pengujian penetrasi setelah kehilangan berat (SNI 2456-2011)
7. Pengujian viskositas aspal (SNI 7729-2011)

### Pengujian Agregat

Pengujian yang akan dilakukan untuk melihat karakteristik agregat adalah sebagai berikut:

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat (SNI 03-1969-1990 dan SNI 1970-2008)
2. Pengujian keausan agregat dengan alat abrasi *Los Angeles* (SNI 2417-2008)
3. Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal (SNI 2439-2011)

4. Pengujian indeks kepipihan dan kelonjongan (ASTM D4791-10)
5. Pengujian sifat kekekalan agregat (SNI 3407-2008)
6. Pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan nomor 200 (SNI ASTM C117-2012)
7. Pengujian nilai setara pasir (SNI 03-4428-1997)
8. Pengujian angularitas (SNI 03-6877-2002)
9. Pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat (SNI 03-4141-1996)

### Pengujian Bahan Pengisi

1. Pengujian lolos saringan no. 200, mengacu pada SNI 03-4142-1996 atau SNI ASTM C136:2012
2. Pengujian berat jenis, mengacu pada SNI 15-2531-1991

### Pengujian Air Gambut

Pengujian yang dilakukan pada air gambut adalah pengujian dalam menentukan nilai pH.

### Rancangan Campuran AC-WC

Berdasarkan variasi kadar aspal dan kadar abu tandan sawit yang akan dilakukan untuk memperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO), maka jumlah benda uji yang diperlukan adalah sebanyak 75 buah yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Jumlah Benda Uji untuk Menentukan KAO

Kadar Aspal (%)	Variasi Abu tandan sawit Terhadap Persentase Aspal (%)					Jumlah Sampel (bh)
	0	2	4	6	8	
(P+1)	3	3	3	3	3	15
(P+0,5)	3	3	3	3	3	15
P	3	3	3	3	3	15
(P-0,5)	3	3	3	3	3	15
(P-1)	3	3	3	3	3	15
Total						75

Setelah mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk masing-masing variasi campuran, dilanjutkan pengujian dengan uji rendaman *Marshall*. Berdasarkan variasi campuran dan jenis pengujian yang dilakukan maka jumlah benda uji yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Jumlah Benda Uji Pada Kondisi KAO

Persentase Abu Tandan Sawit (%)	Lama Rendaman (Jam)					Jumlah Sampel (bh)
	0.5	3	6	12	24	
0	3	3	3	3	3	15
2	3	3	3	3	3	15
4	3	3	3	3	3	15
6	3	3	3	3	3	15
8	3	3	3	3	3	15
Total						75

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Bahan Penyusun AC-WC

Penggunaan agregat pada penyusun laston yang digunakan berupa agregat 1-2 cm, medium, abu batu, dan abu tandan sawit. Agregat tersebut diuji karakteristiknya terlebih dahulu sebelum digunakan. Pengujian tersebut dilakukan untuk menguji kelayakan material sebagai bahan penyusun laston apakah sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

### Hasil Pengujian Aspal

Hasil pengujian aspal diperlihatkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Pengujian Aspal

Sifat-sifat Material Yang Diuji	Hasil Uji	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik	<b>64,4</b>	60	70	Memenuhi
Titik Lembek (Softening Point)	<b>57,6</b>	48		Memenuhi
Titik Nyala dengan	<b>250,0</b>	232		Memenuhi

Tabel 10. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian	Spesifikasi		Keterangan
			Min	Maks	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (%)	Natrium sulfat SNI 3407:2008	-		12	Memenuhi
		<b>0,61%</b>		18	Memenuhi
Abrasi dengan mesin Los Angeles (%)	Campuran AC Modifikasi SNI 2417:2008	-		6	Memenuhi
		-		30	Memenuhi
		-		8	Memenuhi
Kelekatan agregat terhadap aspal (%) Butir pecah pada agregat kasar (%)	SNI 2439:2011	<b>97%</b>	95		Memenuhi
	SNI 7619:2012	<b>100</b>	95/90		Memenuhi
Partikel pipih dan lonjong (%)	ASTM D4791	<b>9,68</b>		10	Memenuhi
Material lolos ayakan No.200	SNI 03-4142-1996	<b>0,47</b>		2	Memenuhi

### Cleveland Open Cup

Berat Jenis	<b>1,05</b>	1			Memenuhi
Kehilangan Berat (TFOT)	<b>0,2</b>		0,8		Memenuhi
Viskositas > Suhu					
<b>Pemadatan Ideal (Viskositas = 280 CtS)</b>	<b>147,0</b>	135	155		Memenuhi
Suhu					
<b>Pemadatan Min (280 - 30 =250)</b>	<b>149,0</b>				
Suhu					
<b>Pemadatan Max (280 + 30 =310)</b>	<b>145,0</b>				
> Suhu					
<b>Pencampuran Ideal (Viskositas = 170 CtS)</b>	<b>155,0</b>	149	160		Memenuhi
Suhu					
<b>Pencampuran Min (170 - 20 = 150)</b>	<b>158,0</b>				
Suhu					
<b>Pencampuran Max (170 + 20 = 190)</b>	<b>153,0</b>				
Viskositas					
<b>Kinematis Pada Suhu 135°C</b>	<b>600</b>	300			Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian aspal penetrasi 60/70 yang terdapat pada Tabel 9 menunjukkan bahwa karakteristik aspal tersebut telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yang telah ditentukan.

### Hasil Pengujian Agregat

Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 1

Tabel 11. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian	Spesifikasi		Keterangan
			Min	Maks	
Nilai setara pasir (%)	SNI 03-4428-1997	51,59%	50		Memenuhi
Angularitas dengan uji kadar rongga (%)	SNI 03-6877-2002	49,67%	45		Memenuhi
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat (%)	SNI 03-4141-1996	0,91		1	Memenuhi
Material lolos ayakan No. 200	ASTM C117:2012	5,72		10	Memenuhi

Pada Tabel 10 dan Tabel 11 dapat dilihat bahwa hasil pengujian agregat kasar dan agregat halus memenuhi sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yang telah ditentukan dan dapat digunakan sebagai bahan campuran laston.

### Hasil Pengujian Filler

Hasil pengujian *filler* abu tandan sawit dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Pengujian Filler

Pengujian	Syarat	Hasil Pengujian	Keterangan
Lolos saringan no. 200	75	85,72	Memenuhi
Berat Jenis	-	2,70	

Hasil pengujian pada Tabel 4.4 di atas menunjukkan bahwa abu tandan sawit layak digunakan sebagai *filler* pengganti pada

campuran AC-WC. Hasil pengujian menunjukkan *filler* tidak menggumpal dan lolos saringan nomor 200 lebih dari 75% dan memiliki berat jenis sebesar 2,70. Hal ini menunjukkan bahwa abu tandan sawit yang digunakan sudah memenuhi standar atau ketentuan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dan layak digunakan sebagai *filler* pada campuran AC-WC.

### Penentuan Kadar Aspal Optimum Laston AC-WC

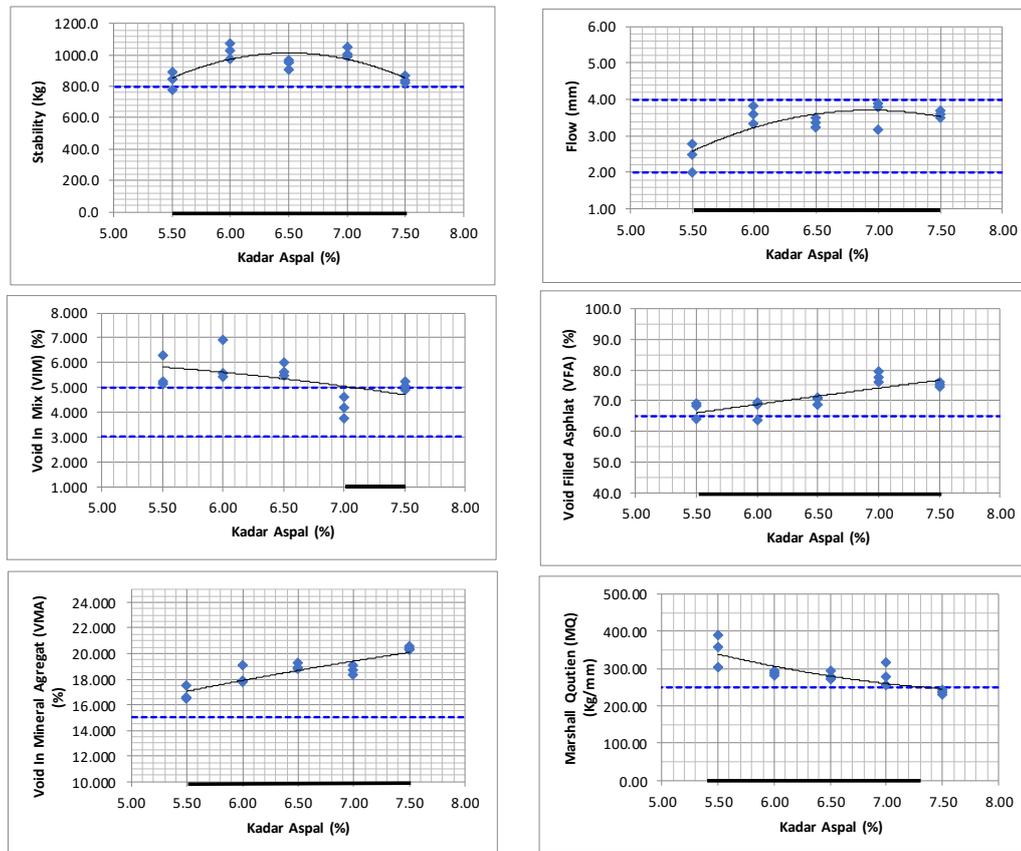
Pada penentuan nilai KAO metode yang digunakan adalah menggunakan metode pita berdasarkan SNI 06-2489-1991 dengan menganalisis 5 (lima) karakteristik *Marshall* sebagai standar penentuan KAO. Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh dari nilai yang memenuhi semua kriteria *Marshall* tersebut.

Tabel 13. Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Kadar Abu Tandan Sawit 2%

Kadar Aspal (%)	No. Sampel	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5,5	1	17,50	6,31	63,93	775,22	2,00	387,61
	2	16,58	5,27	68,23	890,07	2,50	356,03
	3	16,46	5,13	68,82	847,00	2,80	302,50
6	1	19,03	6,91	63,68	978,50	3,35	292,09
	2	17,89	5,60	68,69	1.026,74	3,60	285,21
	3	17,74	5,43	69,39	1.074,98	3,85	279,21
6,5	1	18,90	5,61	70,32	950,94	3,25	292,60
	2	19,26	6,03	68,67	964,72	3,38	275,64
	3	18,78	5,47	70,85	907,87	3,50	269,00
7	1	18,33	3,78	79,37	1.047,99	3,80	275,79
	2	18,68	4,19	77,56	1.004,92	3,20	314,04
	3	19,03	4,60	75,83	990,56	3,90	253,99
7,5	1	20,55	5,24	74,50	868,25	3,60	241,18
	2	20,40	5,06	75,17	840,69	3,70	227,21
	3	20,25	4,89	75,87	826,91	3,50	236,26

Setelah diperoleh nilai rata-rata pengujian *Marshall*, maka dilakukan penggambaran grafik karakteristik *Marshall*

untuk mendapatkan nilai KAO yang terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik Hasil Uji Karakteristik *Marshall*

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal
1	Stability (Kg)	800	
2	Flow (mm)	2 - 4	
3	VIM (%)	3 - 5	
4	VFA (%)	Min 65	
5	VMA (%)	Min 15	
6	MQ (Kg/mm)	Min 250	
KAO (%)			$\frac{(7 + 7.3)}{2} = 7.15\%$

Gambar 2. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan grafik dan tabel di atas dapat diperoleh nilai kadar aspal optimum untuk campuran beraspal dengan variasi *filler* abu tandan sawit 2% adalah 7,15%. Kadar aspal optimum yang diperoleh dari keseluruhan pengujian adalah sebagai berikut:

- Abu Tandan Sawit 0% adalah 6,08%,
- Abu Tandan Sawit 2% adalah 7,15%,
- Abu Tandan Sawit 4% adalah 7,30%.

Pada variasi *filler* abu tandan sawit 6% dan 8% tidak diperoleh karena pada nilai VIM

dan VFA tidak didapatkan karena tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan sehingga parameter karakteristik *Marshall* tidak memenuhi ketentuan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

### Hasil Analisis Tes Rendaman *Marshall*

Analisis test rendaman *Marshall* adalah membandingkan nilai stabilitas pada kondisi rendaman 3 jam, 6 jam, 12 jam, dan 24 jam dengan keadaan standar. Campuran yang

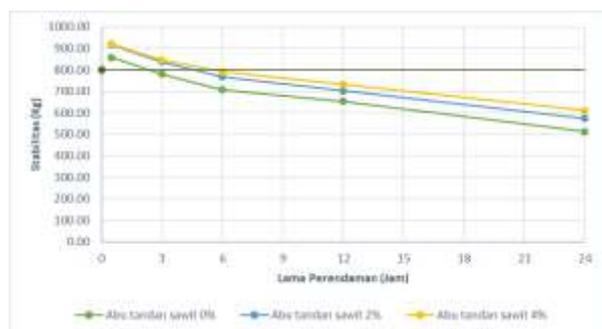
digunakan adalah pada Kondisi Aspal Optimum (KAO). Berdasarkan data perbandingan tersebut bisa diambil nilai durabilitas terhadap waktu perendaman.

### Hubungan Stabilitas dengan Waktu Perendaman

Stabilitas adalah ukuran kemampuan campuran untuk dapat menahan deformasi yang disebabkan oleh beban lalu lintas di atasnya. Stabilitas campuran perkerasan didapatkan dari gaya gesekan antar partikel, gaya penguncian, dan gaya adhesi yang baik antara material dan aspal. Hubungan nilai stabilitas dengan waktu perendaman dapat dilihat pada Tabel 14 dan Gambar 3.

Tabel 14. Nilai Stabilitas KAO Rendaman

Lama Perendaman (Jam)	Variasi Filler Abu Tandan Sawit		
	0%	2%	4%
0,5	857,91	916,39	919,93
3	780,03	838,06	845,71
6	707,08	768,05	791,49
12	653,20	703,44	732,73
24	513,80	574,24	610,99



Gambar 3. Grafik Stabilitas KAO Rendaman

Berdasarkan Tabel 14 dan Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada campuran variasi filler abu tandan sawit pada setiap bertambahnya waktu perendaman menggunakan air gambut mengalami penurunan nilai stabilitas. Pengaruh ini dikarenakan akibat perendaman yang menggunakan air gambut yang bersifat asam dan suhu benda uji saat perendaman yaitu  $60 \pm 1$  °C. Penambahan abu tandan sawit secara terus menerus membuat nilai stabilitas menjadi semakin tinggi hingga mencapai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu minimal 800 kg. Namun pada penggunaan filler abu tandan sawit membutuhkan lebih banyak aspal untuk

menyelimuti permukaan bahan pengisi abu tandan sawit.

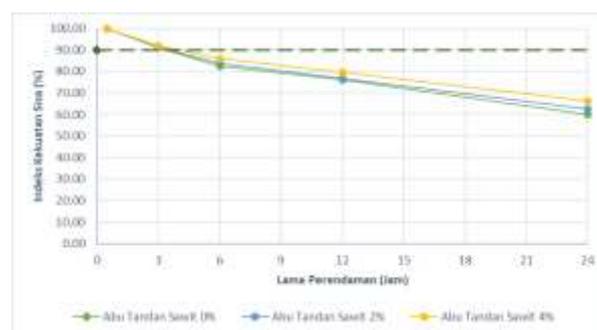
Pada Tabel 14 dapat dilihat bahwa penggunaan filler abu tandan sawit 2% dan 4% dengan rendaman air gambut 3 jam masih mampu menahan beban dan nilai stabilitasnya masih memenuhi ketentuan dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

### Hubungan IKS dengan Waktu Perendaman

Nilai IKS berhubungan terhadap kemampuan perkerasan aspal untuk menahan kerusakan yang diakibatkan oleh air. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 memberi batasan untuk nilai stabilitas setelah rendaman selama 24 jam dengan suhu  $60 \pm 1$  °C adalah minimum 90% dari stabilitas semula. Nilai-nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) campuran untuk keseluruhan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 15 dan Gambar 4.

Tabel 15 Nilai IKS KAO Rendaman

Lama Perendaman (Jam)	Variasi Filler Abu Tandan Sawit		
	0%	2%	4%
0,5	100,00	100,00	100,00
3	90,92	91,45	91,93
6	82,42	83,81	86,04
12	76,14	76,76	79,65
24	59,89	62,66	66,42



Gambar 4. Grafik Nilai IKS KAO Rendaman

Berdasarkan Tabel 4.13 dan Gambar 4.9 dapat dilihat secara umum bahwa terjadinya penurunan kekuatan yang signifikan pada campuran beraspal seiring bertambahnya lama perendaman menggunakan air gambut. Perendaman menyebabkan air terserap ke dalam campuran, air menembus kebagian antar permukaan dan pori-pori pada akhirnya mengarah pada pengelupasan aspal dari permukaan agregat dan menyebabkan berkurangnya kekuatan campuran.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai IKS dengan variasi filler abu tandan sawit

0%, 2% dan 4% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 pada waktu perendaman 3 jam yaitu minimum 90%. Sedangkan untuk waktu perendaman 6 jam, 12 jam, dan 24 jam pada seluruh campurannya tidak dapat memenuhi ketentuan yang telah ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu 90%.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penelitian terhadap karakteristik *Marshall* aspal beton dengan menggunakan *filler* abu tandan sawit dan air gambut sebagai rendamannya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Penggunaan *filler* abu tandan sawit pada campuran aspal menyebabkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) naik dengan rentang 6,08% - 7,30%, nilai VMA, dan VFA dalam campuran naik pada variasi aspal 5,5%-7,5%. Sedangkan nilai VIM, dan MQ cenderung menurun pada variasi aspal 5,5%-7,5%. Untuk variasi *filler* abu tandan sawit 6% dan 8% tidak didapatkan karena parameter karakteristik *Marshall* tidak memenuhi ketentuan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018,
2. Pengaruh air gambut terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran AC-WC dapat dilihat pada nilai stabilitas dan durabilitas yang menurun seiring dengan bertambahnya lama waktu perendaman. Untuk waktu perendaman 0,5 jam pada variasi abu tandan sawit 4%, sedangkan hasil terendah diperoleh pada waktu perendaman 24 jam pada variasi abu tandan sawit 0%. Pada variasi abu tandan sawit 0%, 2%, dan 4% dengan waktu perendaman hingga 3 jam diperoleh nilai IKS lebih dari 90% sehingga memenuhi syarat minimal dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu 90%. Sedangkan untuk perendaman 6 jam atau lebih, nilai IKS tidak memenuhi persyaratan minimal dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

### Saran

1. Pada pembuatan campuran aspal sebaiknya hindari memanaskan aspal

berkali-kali dan dalam waktu yang lama, karena akan mengakibatkan angka penetrasi menurun dan aspal akan teroksidasi dengan mudah,

2. Melakukan pengujian lebih lanjut dengan menggunakan variasi waktu rendaman yang lebih lama agar dapat mengetahui pengaruh rendaman dengan jangka waktu yang lebih lama.

## DAFTAR PUSTAKA

Agusmaniza, R. (2018). *Uji Durabilitas Campuran AC-WC Menggunakan Kombinasi Limbah Plastik Dan Abu Cangkang Kelapa Sawit. Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, 1*, 725–736.

ASTM. (2010). *ASTM D4791. Standard Test Method for Flat Particles , Elongated Particles , or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate 1*. <https://doi.org/10.1520/D4791-10.2>

Badan Pusat Statistik. (2020). *Kota Pekanbaru Dalam Angka 2020*. Pekanbaru: BPS Kota Pekanbaru.

Bina Marga. (1990). *SNI 03-1969-1990. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.

Bina Marga. (1991a). *SNI 06-2440-1991. Metode Pengujian Kehilangan Berat Minyak Dan Aspal*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.

Bina Marga. (1991b). *SNI 06-2489-1991. Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.

Bina Marga. (1996a). *SNI 03-4141-1996. Metode Pengujian Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah Dalam Agregat*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.

Bina Marga. (1996b). *SNI 03-4142-1996. Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam*

- Agregat Yang Lolos Saringan No. 200*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (1997b). *SNI 03-4428-1997. Metode Pengujian Agregat Halus Atau Pasir Yang Mengandung Bahan Plastik Dengan Cara Setara Pasir*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2000). *SNI 03-6441-2000. Metode Pengujian Viskositas Aspal*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2002). *SNI 03-6877-2002. Metode Pengujian Kadar Rongga Agregat Halus Yang Tidak Dipadatkan*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2008a). *SNI 1970:2008. Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2008b). *SNI 2417:2008. Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2008c). *SNI 3407:2008. Cara Uji Sifat Kekakalan Agregat Dengan Cara Perendaman Menggunakan Larutan Natrium Sulfat Atau Magnesium Sulfat*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011b). *SNI 2433:2011. Cara Uji Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal Dengan Alat Cleveland Open Cup*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011c). *SNI 2434:2011. Cara Uji Titik Lembek Aspal*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011d). *SNI 2439:2011. Cara Uji Penyelimutan Dan Pengelupasan Pada Campuran Agregat-Aspal*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011e). *SNI 2441:2011. Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011f). *SNI 2456-2011. Cara Uji Penetrasi Aspal*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011g). *SNI 7729:2012. Cara Uji Viskositas Aspal Pada Temperatur Tinggi Dengan Alat Saybolt Furol*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2012a). *SNI 7619:2012. Metode Uji Penentuan Persentase Butir Pecah Pada Agregat Kasar*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2012b). *SNI ASTM C117-2012. Metode Uji Bahan Yang Lebih Halus Dari Saringan 75 m (No . 200) Dalam Agregat Mineral Dengan Pencucian*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2012c). *SNI ASTM C136:2012. Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (ASTM C 136-06 , IDT)*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- BPS. (2020). *Provinsi Riau Dalam Angka*.
- Dando, N. M. (2016). *Analisis Pengaruh Perendaman Air Hujan Terhadap Kinerja Campuran Aspal Berongga Berbasis Asbuton Butir*. Universitas Hasanuddin.
- Mona, K. (2015). *Pengaruh Abu Cangkang Sawit Untuk Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Paving Block*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Munawarah, F. (2019). *Substitusi Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Material Pengisi Pada Campuran AC-*

WC. 3(1), 37–41.

Prabowo, A. H. (2003). *Pengaruh Rendaman Air Laut Pasang (Rob) Terhadap Kinerja Lataston (HRS-WC) Berdasarkan Uji Marshall Dan Uji Durabilitas Modifikasi*. *Pilar*, 12(September), 89–98.

Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.

Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: Nova.

Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*. In *Kemampuan Koneksi Matematis (Tinjauan Terhadap Pendekatan Pembelajaran Savi)* (Vol. 53). Bandung: Institut Teknologi Nasional.

Surya, H. (2019). *Perbandingan Pengaruh Air Gambut dan Air Hujan Terhadap Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)*. *Jom FTEKNIK*, 6(2), 1–15.

Syarif, H. A. (2016). *Kuat Tekan Paving Blockgeopolimer Abu Sawit (Palm Oil Fuel Ash) Dengan Perawatan Suhu Ruang*. *Jom FTEKNIK*, 3(1), 1–9.

Zahrina, I. (2007). *Pemanfaatan Abu Sabut Dan Cangkang Sawit Sebagai Sumber Silika Pada Sintesis ZSM-5*. 6(September), 31–34.