

# Substitusi Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Material Pengisi Pada Campuran AC-WC

Fajri Munawarah<sup>1</sup>, Sulaiman AR<sup>2</sup>, Gustina Fitri<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. B. Aceh Medan Km. 280 Buketrata 24301 INDONESIA

<sup>1</sup> fajrimunawarah@gmail.com

<sup>2</sup> sulaiman.ar@pnl.ac.id

<sup>3</sup> gustina@pnl.ac.id

**Abstrak**— Material perkerasan jalan dapat dimanfaatkan dari limbah, seperti limbah pengolahan industri kelapa sawit. Bahan yang digunakan pada penelitian ini substitusi bahan pengisi (*filler*) adalah abu cangkang kelapa sawit, yang merupakan alternatif dari limbah industri pengolahan kelapa sawit karena pemanfaatan limbah cangkang sawit di berbagai industri pengolahan minyak CPO belum maksimal, cangkang kelapa sawit mudah di dapatkan, ekonomis, dan ketersediaannya mencukupi. Metode penelitian mengikuti standar yang berlaku untuk campuran AC-WC. Cangkang kelapa sawit yang digunakan berasal dari PT. Syaikat Sejahtera (CPO) Kabupaten Bireuen, Provinsi Aceh. Agregat dan Aspal yang digunakan berasal dari *Quary* Geureudong Pase Mbang yang di olah dan dipecahkan melalui *Stone Crusher* Kabupaten Aceh Utara, Provinsi Aceh. Penelitian bertujuan mengetahui nilai parameter marshall substitusi abu cangkang kelapa sawit sebagai material pengisi pada campuran AC-WC, dengan persentase abu cangkang kelapa sawit 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%, menggunakan spesifikasi yang berlaku. Pemadatan benda uji dilakukan dengan tumbukan 2 X 75 tiap permukaan untuk lalu lintas berat. Hasil pemeriksaan sifat fisis menunjukkan berat jenis dan penyerapan agregat *split*, *screen*, *dust*, dan pasir memenuhi persyaratan yang ditetapkan, yaitu berat jenis  $\geq 2,50$  gr/cm dan penyerapan  $< 3\%$ . Nilai optimal parameter marshall diperoleh pada variasi 50% abu cangkang kelapa sawit nilai stabilitas 1632 kg, *flow* 5,3 mm, VMA 18,64%, VIM 7,83%, VFB 73,53%, MQ 314,45 kN/mm, *Density* 2,23 gr/cm<sup>3</sup>. Namun secara keseluruhan semua variasi abu cangkang sawit yang digunakan memenuhi persyaratan.

**Kata Kunci**— AC-WC, Aspal, *Filler*, Karakteristik Marshall, Limbah Kelapa Sawit

**Abstract**— Road pavement materials can be utilized from waste, such as palm oil processing industry waste. The material used in this study is the substitution of fillers (*filler*) is the ash of oil palm shells, which is an alternative to the palm oil processing industry because the utilization of palm shell waste in various CPO oil processing industries has not been maximized, palm oil shells are easy to get, economical, and availability is sufficient. The research method follows the applicable standards for AC-WC mixtures. The oil palm shells used come from PT. Syaikat Sejahtera (CPO) Bireuen District, Aceh Province. The aggregates and asphalt used are from *Quary* Geureudong Pase Mbang which were processed and solved through *Stone Crusher*, North Aceh Regency, Aceh Province. The study aims to determine the parameter value of marshall substitution of oil palm shell ash as fill material in the AC-WC mixture, with the percentage of oil palm shell ash 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%, using applicable specifications. Compaction of the test specimens is done by collision of 2 X 75 each surface for heavy traffic. Physical examination results show the specific gravity and absorption of *split* aggregates, screens, dust, and sand meet the specified requirements, namely specific gravity  $\geq 2.50$  gr / cm and absorption  $< 3\%$ . Optimal values of Marshall parameters were obtained at 50% variation of palm shell ash with stability values of 1632 kg, flow 5.3 mm, VMA 18.64%, VIM 7.83%, VFB 73.53%, MQ 314.45 kN / mm, Density 2.23 gr / cm<sup>3</sup>. But overall all variations of the palm shell ash used meet the requirements.

**Keywords**— AC-WC, Asphalt, *Filler*, Marshall Characteristics, Palm Oil Waste

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi konstruksi jalan raya di Indonesia dari waktu ke waktu terus meningkat. Peningkatan tersebut khususnya pada lapisan permukaan. Semakin bagus perkerasan jalan akan semakin mudah pergerakan kendaraan, lalu lintas akan berjalan lancar. Kestabilan dari konstruksi perkerasan jalan raya ditentukan oleh mutu material, komposisi campuran serta cara pelaksanaan pekerjaan. Material dengan mutu yang baik akan menghasilkan konstruksi perkerasan yang memiliki stabilitas tinggi. Material perkerasan jalan juga dapat dimanfaatkan dari limbah, misalnya limbah dari pengolahan industri kelapa sawit.

Pemanfaatan cangkang sawit di berbagai industri pengolahan minyak *Crude Palm Oil* (CPO) belum maksimal. Cangkang sawit memiliki berbagai macam kegunaan seperti; cangkang sawit dipakai sebagai pengeras jalan di perkebunan sawit. Selain hal tersebut abu dari limbah cangkang kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai material pengisi pada lapisan AC-WC.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil substitusi abu cangkang kelapa sawit sebagai material pengisi terhadap karakteristik marshall, dan mengetahui perbedaan karakteristik marshall antara campuran aspal yang

disubstitusikan Abu Cangkang Kelapa Sawit dengan campuran aspal menggunakan debu batu (*dust*).

### A. Kelapa Sawit

Kelapa sawit adalah tumbuhan industri penghasil minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar (*biodiesel*). Tinggi kelapa sawit dapat mencapai 2,4 meter. Bunga dan buahnya berupa tandan, serta bercabang banyak. Buahnya kecil dan apabila masak, bewarna merah kehitaman. Daging buahnya padat, daging dan kulit buahnya mengandung minyak. Minyaknya digunakan sebagai bahan minyak goreng, sabun dan lilin. Kelapa sawit merupakan salah satu komoditi terbesar di beberapa daerah di Indonesia terutama di pulau Kalimantan dan Sumatera. Hal inilah yang mengharuskan pembangunan pabrik-pabrik kelapa sawit di daerah yang berdekatan dengan perkebunan kelapa sawit. Dengan adanya pabrik-pabrik ini, menyebabkan banyaknya limbah yang dihasilkan dari proses produksi yang dijalankan di pabrik-pabrik tersebut.

Menurut Siregar (2008), Cangkang (*tempurung* atau *endoskrap*), kelapa sawit merupakan limbah padat sawit hasil pemisahan daripada inti sawit dengan menggunakan alat *hidrocyclone separator* yang dapat dimanfaatkan sebagai pengeras jalan atau dibuat arang atau *briket* untuk keperluan industri. Cangkang kelapa sawit mempunyai struktur kulit yang sangat tebal dan keras serta banyak mengandung zat

kersik ( $\text{SiO}_2$ ). *Silika dioksida* ini dapat meningkatkan kekuatan tekan campuran beraspal karena dapat mengurangi susut dan meningkatkan daya tahan terhadap keretakan. Selain itu pori-pori cangkang kelapa sawit lebih rapat sehingga lebih kaku dan padat. Pemanfaatan cangkang sebagai bahan bakar karena mengandung karbon aktif maka dapat langsung dipakai, oleh karena itu pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS) limbah padat ini digunakan sebagai sumber penghasil panas dari tungku *boiler*.

Sentosa (2005) menyatakan bahwa semakin tinggi kadar abu cangkang kelapa sawit yang digunakan, semakin tinggi kadar aspal yang dibutuhkan. Berdasarkan pengujian di laboratorium diperoleh hasil bahwa abu cangkang kelapa sawit dapat digunakan sebagai material pengisi pada campuran beraspal.

### B. Agregat

Menurut Sukirman (2003), Agregat merupakan komponen utama dalam perkerasan jalan, karena jumlah yang dibutuhkan dalam campuran pada umumnya berkisar 90% - 95% dari berat total campuran, atau 75% - 85% dari volume campuran. Disamping dari segi jumlahnya agregat juga berperan penting terhadap daya dukung perkerasan jalan, yang sebagian besar ditentukan oleh karakteristik agregat yang digunakan.

Sebelum digunakan sebagai bahan campuran dalam perkerasan jalan, harus dilakukan terlebih dahulu pemeriksaan di laboratorium untuk mengetahui karakteristiknya. Untuk menentukan agregat yang baik maka agregat dapat diklasifikasikan dan diidentifikasi menurut akurat, kebersihan, kekuatan, kekerasan, bentuk butiran, tekstur permukaan, porositas, komposisi pembentuknya dan kelekatan terhadap aspal. Namun demikian, pemilihan suatu agregat untuk material perkerasan jalan tidak hanya dilihat dari karakteristik agregatnya saja. lebih luas lagi, pemilihan agregat untuk material perkerasan jalan meliputi juga mengenai ketersediaan agregat, kemudahan dalam mendapatkannya, harga dan jenis gradasi agregat yang digunakan. Oleh karena itu pemilihan jenis agregat hal yang penting dalam campuran beraspal karena berkaitan dengan kestabilan dari konstruksi jalan.

Spesifikasi baru campuran beraspal Departemen Pekerjaan Umum (2018), Menyatakan bahwa agregat kasar terdiri dari batu pecah dan kerikil pecah yang tertahan pada saringan no. 8 atau ukuran saringan 2,36 mm. Agregat harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung. Fungsi agregat dalam campuran panas aspal adalah selain memberikan stabilitas dalam campuran juga sebagai pengisi sehingga campuran menjadi ekonomis. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan yang cukup terhadap abrasi, terutama untuk penggunaan agregat sebagai lapis aus/permukaan perkerasan, selain itu agregat harus bersih dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agregat kasar harus awet, mempunyai kekekalan bentuk dan mempunyai muka bidang pecah (*angularitas*) yang cukup untuk memberikan daya dukung/stabilitas kepada campuran beraspal.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2018), Agregat Halus adalah material yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (75 *micron*), harus terdiri dari pasir atau hasil penyaringan batu pecah. Agregat halus yang berasal dari hasil pemecah batu (*stone crusher*) harus berasal dari batu induk yang memenuhi persyaratan agregat

kasar. Agregat Halus merupakan bahan yang bersih, keras dan bebas dari gumpalan-gumpalan lembung dan bahan-bahan lain yang mengganggu serta terdiri dari butir-butir yang bersudut tajam dan mempunyai permukaan yang kasar.

Bahan pengisi (*filler*) merupakan bahan campuran yang mengisi ruang antara agregat halus dan kasar yang meningkatkan kepadatan, *filler* adalah bahan yang lolos saringan no. 200 (75 *micron*) dan tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Bahan pengisi (*filler*) terdiri dari debu batu kapur (*limestone dust*), abu terbang, semen, abu tanur semen dan abu batu serta harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bahan lain yang mengganggu (Dirjen Bina Marga, 2018).

Fungsi *filler* dalam aspal beton adalah untuk mengisi rongga-rongga (*void*) antara agregat. Dengan *filler* butiran akan bertambah, sehingga luas bidang kontak yang terjadi antara butiran akan bertambah luas. Akibat yang terjadi adalah tekanan terhadap gaya geser menjadi lebih besar, dan stabilitas terhadap geser bertambah, sehingga luas bidang kontak yang terjadi antara butiran akan bertambah luas.

Syarat yang harus dipenuhi *filler* adalah :

- Susunan butiran serapat mungkin;
- Bersifat netral atau basah;
- Bersifat non plastis;
- Bahan tidak terdapat zat organik.

### C. Aspal

Menurut Bukhari dkk (2007), Aspal adalah suatu bahan perekat yang berwarna hitam sampai coklat tua dimana unsur utamanya adalah bitumen yang secara berangsur-angsur akan menjadi cair bila dipanaskan. Aspal dapat diperoleh langsung di alam atau sebagai hasil *residu* dari penyulingan minyak bumi. aspal juga merupakan material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat.

### D. Gradasi Agregat

Gradasi agregat merupakan salah satu sifat yang sangat menentukan kinerja perkerasan jalan. Setiap jenis perkerasan jalan mempunyai gradasi agregat tertentu yang dapat dilihat didalam setiap spesifikasi material perkerasan jalan. Pada campuran Laston/AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) gradasi yang digunakan adalah gradasi rapat/menerus (*dense graded*), agregat yang ukuran butirnya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir. Campuran agregat ini mempunyai pori yang sedikit mudah untuk dipadatkan.

## II. METODOLOGI

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap penyelidikan yang berguna untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan. Keseluruhan dari penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe. Material yang digunakan untuk perencanaan benda uji campuran beton aspal berupa limbah cangkang kelapa sawit yang di proses sehingga abunya dijadikan sebagai bahan pengisi.

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dan aspal. Setelah semua hasil dari pemeriksaan sifat fisis material sesuai dengan spesifikasi,

maka dilakukan perencanaan pembuatan benda uji dan pengujian Marshall.

**A. Pengujian Agregat**

Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan adalah batu kali yang dipecah dengan mesin pemecah batu dari Kabupaten Aceh Utara, sedangkan cangkang kelapa sawit berasal dari PT. Syaikat Sejahtera (CPO) Kabupaten Bireuen.

Pemeriksaan sifat fisis agregat yang dilakukan meliputi: analisa saringan, berat isi, berat jenis dan penyerapan agregat.

**B. Pengujian Aspal**

Aspal terlebih dahulu diperiksa sifat-sifat fisisnya sebelum digunakan. Aspal yang dipakai dalam penelitian ini yaitu aspal keras penetrasi 60/70. Pemeriksaan sifat fisis yang dilakukan meliputi: berat jenis, penetrasi, dan titik lembek.

**C. Perencanaan Campuran**

Agregat dan aspal yang telah memenuhi spesifikasi dilakukan percampuran. Tiap variasi kadar aspal dibuat 5 benda uji, sehingga jumlah benda uji adalah 25 buah. Rancangan benda uji sebagai berikut :

TABEL I  
RANCANGAN BENDA UJI MENGGUNAKAN DUST (ABU BATU)

No	Kadar Aspal (%)	Jumlah Tumbukan	Jumlah Benda Uji
1.	(Pb - 1 %)	2 x 75	5
2.	(Pb - 0.5 %)	2 x 75	5
3.	(Pb 0 %)	2 x 75	5
4.	(Pb + 0.5 %)	2 x 75	5
5.	(Pb + 1 %)	2 x 75	5
<b>Jumlah Benda Uji</b>			<b>25</b>
5.	KAO	2 x 75	5
<b>Jumlah Total Benda Uji</b>			<b>30</b>

TABEL II  
RANCANGAN BENDA UJI MENGGUNAKAN FILLER ABU CANGKANG KELAPA SAWIT

No.	Filler		Jumlah Benda Uji
	Abu Cangkang Kelapa Sawit (%)	Dust / Abu Batu (%)	
1.	0	100	5
2.	25	75	5
3.	50	50	5
4.	75	25	5
5.	100	0	5
<b>Jumlah Benda Uji</b>			<b>25</b>

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa sifat-sifat fisis material pembentuk campuran AC-WC dan hasil parameter Marshall untuk menentukan KAO tanpa substitusi filler menggunakan abu cangkang kelapa sawit serta hasil parameter Marshall menggunakan substitusi filler abu cangkang kelapa sawit.

**A. Hasil Pemeriksaan Agregat**

Hasil pemeriksaan sifat fisis material diperlihatkan pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa berat jenis agregat split, screen, dust dan pasir memenuhi persyaratan yang di tetapkan berdasarkan Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2018.

TABEL III  
DATA HASIL PEMERIKSAAN SIFAT FISIS AGREGAT

No.	Sifat Fisis Agregat	Syarat Spesifikasi Umum 2018	Hasil
1.	Berat Jenis Agregat (gr/cm <sup>3</sup> )		
	a. Split	≥ 2,50	2,66
	b. Screen	≥ 2,50	2,63
	c. Dust stone	≥ 2,50	2,65
	d. Pasir	≥ 2,50	2,57
2.	Penyerapan Agregat (%)		
	a. Split	< 3% berat	0,92
	b. Screen	< 3% berat	1,45
	c. Dust stone	< 3% berat	2,27
	d. Pasir	< 3% berat	2,94

**B. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70**

Data hasil pemeriksaan sifat fisis aspal penetrasi 60/70 dapat dilihat pada tabel berikut:

TABEL IV  
DATA HASIL PEMERIKSAAN SIFAT FISIS ASPAL

No.	Sifat Fisis Aspal	Syarat Spesifikasi Umum 2018	Hasil
1	Berat Jenis Aspal	≥1	1,014
2	Penetrasi 25°C	60 – 70	64,1
3	Titik Lembek (R&B)	≥ 48°C	52 °C

Dari hasil pemeriksaan sifat fisis aspal diatas, aspal yang digunakan yaitu aspal penetrasi 60/70 dan dikaitkan dengan literatur, maka aspal yang digunakan memenuhi persyaratan dan dapat digunakan sebagai bahan campuran *asphalt concrete wearing course (AC-WC)*.

**C. Pemeriksaan Abu Cangkang Kelapa Sawit**

Penggunaan abu cangkang kelapa sawit pada penelitian ini hanya yang lolos saringan no. 200 saja. Abu cangkang kelapa sawit yang tidak lolos saringan no. 200 dapat dilakukan perlakuan khusus yaitu dengan cara ditumbuk agar lolos saringan no.200.

**D. Penentuan Kadar Aspal Ideal (Pb)**

Dari hasil analisa ayakan material, didapat kadar aspal ideal dengan menggunakan rumus berikut ini, dengan nilai konstanta (K) pada campuran AC-WC digunakan 1, nilai CA yang digunakan sebesar 62,9%, nilai FA 30,6%, serta filler sebanyak 6,4%, maka di dapat kadar aspal ideal sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Pb &= 0,035(\%CA)+0,045(\%FA)+0,18(\%Filler)+K \\
 &= 0,035 (62,9\%)+0,045(30,6\%)+0,18(6,4\%)+1 \\
 &= 5,7 \text{ (dibulatkan = 6)}
 \end{aligned}$$

sehingga % kadar aspal untuk benda uji adalah (Pb 5,0%), (Pb 5,5%), (Pb 6,0%), (Pb 6,6%), dan (Pb 7,0%).

**E. Hasil Pengujian Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)**

Dari hasil pengujian *Marshall* yang dilakukan pada variasi kadar aspal ideal untuk benda uji dengan jumlah tumbukan 2 x 75, maka diperoleh nilai stabilitas, *flow*, *density*, VIM, VMA, VFB, dan *Marshall Quotient (MQ)*. Hasil pengujian percobaan Marshall untuk benda uji dengan jumlah tumbukan sebanyak 2 x 75 tumbukan diperlihatkan dalam table 6 sebagai berikut:

TABEL V  
HASIL PENGUJIAN MARSHALL DALAM BENTUK TABEL PADA VARIASI KADAR ASPAL

No	Parameter Marshall	Pb = 6 %					Spesifikasi 2018
		5%	5,5%	6%	6,5%	7%	
1.	Stabilitas (kg)	1115	1050	1266	1436	1409	>800
2.	Density (gr/cm <sup>3</sup> )	2,20	2,18	2,19	2,20	2,23	>2
3.	Flow (mm)	5,2	5,7	5,7	5,6	5,5	>3
4.	VIM (%)	10,25	10,34	9,27	8,30	6,36	3 - 5
5.	VMA (%)	18,74	19,84	19,91	20,07	19,40	>15
6.	VFB (%)	71,01	69,83	70,82	71,63	74,25	>60
7.	MQ (kN/mm)	213,45	186,92	221,70	259,45	259,71	>200

Berdasarkan parameter Marshall pada Tabel 6 menunjukkan bahwa campuran laston pada kadar aspal optimum yang dihasilkan yaitu sebesar 6%. Perlakuan yang didapatkan untuk benda uji aspal beton pada kadar aspal optimum dengan jumlah tumbukan 2 x 75 tumbukan.

F. Hasil Pengujian Marshall berdasarkan persentase kadar variasi Abu cangkang kelapa sawit

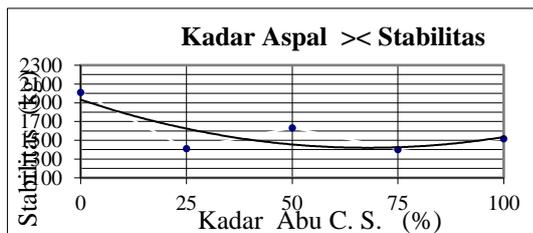
Berikut ini nilai Marshall berdasarkan persentase kadar abu cangkang kelapa sawit yang ditampilkan dalam bentuk tabel berikut :

TABEL VI  
DATA HASIL PENGUJIAN MARSHALL DENGAN CAMPURAN VARIASI ABU CANGKANG KELAPA SAWIT

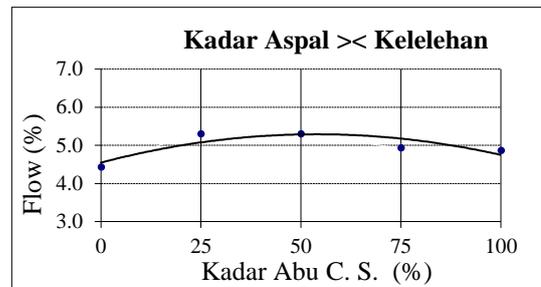
Kadar Variasi Abu C.S. (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VM A (%)	VI M (%)	VF B (%)	MQ (kN/m m)	Densit y (gr/cm <sup>3</sup> )
0 %	2010	4,4	19,57	8,89	71,54	453,31	2,20
25 %	1412	5,3	19,00	8,24	72,76	269,86	2,22
50 %	1632	5,3	18,64	7,83	73,53	314,45	2,23
75 %	1403	4,9	19,10	8,36	72,53	284,18	2,21
100 %	1517	4,9	18,44	7,61	73,79	314,49	2,23

G. Pembahasan Hasil Pengujian Marshall

Dari data hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kadar abu cangkang kelapa sawit yang terkandung di dalam campuran laston maka nilai stabilitas yang diperoleh semakin menurun. Nilai stabilitas yang rendah umumnya menunjukkan bahwa campuran bersifat lentur.

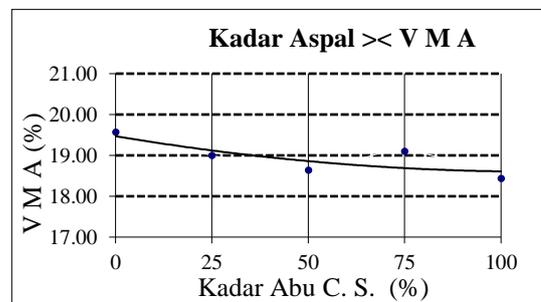


Gambar 1. Diagram hubungan Stabilitas dengan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit



Gambar 2. Diagram hubungan flow dengan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit

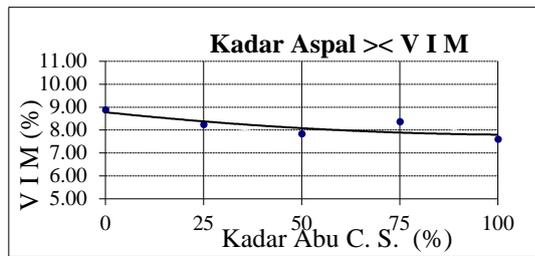
Semakin banyak kandungan abu cangkang kelapa sawit yang terdapat pada campuran semakin meningkat pula flow yang diperoleh. Dapat dilihat dari data penelitian dimana dari kadar abu cangkang kelapa sawit 25% sampai dengan 50% nilai flow cenderung meningkat dari 4,4 menjadi 5,3 mm dan pada kadar abu cangkang kelapa sawit 75% sampai 100% nilai flow kembali menurun dari 5,3 mm menjadi 4,9 mm. Nilai flow yang rendah umumnya menunjukkan bahwa campuran bersifat tidak plastis.



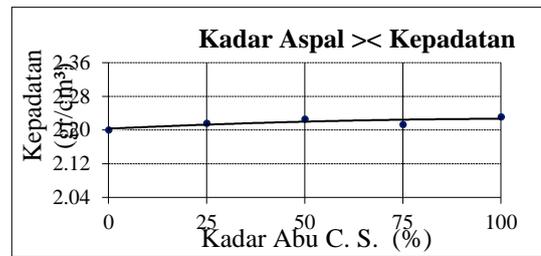
Gambar 3. Diagram hubungan VMA dengan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit

VMA menunjukkan bahwa nilai VMA cenderung menurun dari kadar abu cangkang kelapa sawit 0% sampai dengan 50% dengan nilai VMA 19,57% menjadi 18,64%, kemudian pada kadar abu cangkang kelapa sawit 75% nilai VMA mengalami peningkatan dengan nilai VMA 18,64% menjadi 19,10%, dan pada kadar abu cangkang kelapa sawit 100% nilai VMA kembali menurun dengan nilai VMA 19,10% menjadi 18,44%. Keseluruhan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit nilai VMA memenuhi spesifikasi yaitu  $\geq 15\%$ . Mengencilnya nilai VMA pada kadar aspal yang tetap, berakibat memperbesar presentase rongga terisi aspal.

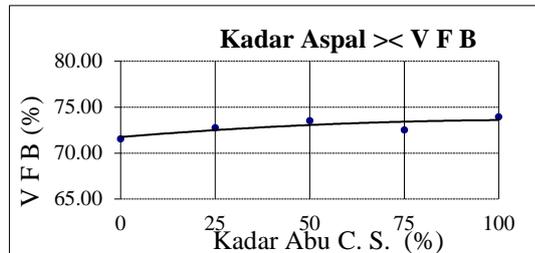
VIM cenderung menurun dari variasi abu cangkang sawit 0% sampai dengan 50% dengan nilai VIM dari 8,89% menjadi 7,83%, kemudian kembali meningkat pada variasi abu cangkang kelapa sawit 75% dengan nilai VIM 8,36%, dan pada variasi abu cangkang kelapa sawit 100% nilai VIM kembali menurun dengan nilai VIM 7,61%. Perkerasan yang memiliki nilai VIM yang terlalu rendah akan mudah mengalami deformasi plastis. Pada saat temperatur tinggi aspal akan mencair dan mencari tempat yang kosong dan mudah ditembus. VIM rendah menunjukkan bahwa rongga dalam campuran kecil, sehingga tidak tersedia ruang yang cukup yang dapat mengakibatkan aspal naik ke permukaan (bleeding).



Gambar 4. Diagram hubungan VIM dengan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit

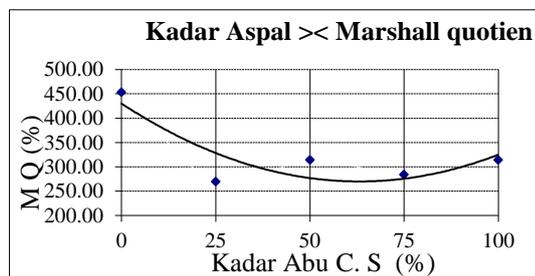


Gambar 7. Diagram hubungan *Density* dengan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit



Gambar 5. Diagram hubungan VFB dengan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit

VFB keseluruhan dari variasi abu cangkang kelapa sawit masih memenuhi batas yang disyaratkan yaitu  $\geq 60$  mm. Persentase VFB adalah bagian daripada VMA yang terisi oleh aspal tidak termasuk didalamnya aspal yang terasorpsi oleh masing-masing butir agregat. Dengan demikian aspal yang mengisi VFB adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir agregat didalam beton aspal padat atau dengan kata lain VFB ini yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi *film* atau selimut aspal.



Gambar 6. Diagram hubungan MQ dengan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit

Dari data menunjukkan bahwa penurunan nilai MQ terjadi pada variasi abu cangkang kelapa sawit 25% dengan nilai MQ dari 453,31 kg/mm sampai dengan 269,86 kg/mm, pada variasi abu cangkang kelapa sawit 50% nilai MQ meningkat dengan nilai MQ 269,86 kg/mm menjadi 314,45 kg/mm, pada variasi abu cangkang kelapa sawit 75% nilai MQ kembali menurun dengan nilai MQ 314,45 kg/mm menjadi 284,18 kg/mm, dan pada variasi abu cangkang kelapa sawit 100% nilai MQ kembali meningkat dengan nilai MQ 284,18 kg/mm menjadi 314,49 kg/mm. Lengkung MQ mengalami penurunan yang dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan flow. Campuran yang memiliki nilai MQ yang terlalu tinggi mempengaruhi kepada campuran yang bersifat kaku dan fleksibilitasnya rendah sehingga campuran akan lebih mudah mengalami retakan (*cracking*).

*Density* dengan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan abu cangkang kelapa sawit yang terdapat pada campuran semakin meningkat pula *density* yang diperoleh. Dari data grafik diatas pada kadar abu cangkang kelapa sawit 0% diperoleh *density* 2,20 gr/cm<sup>3</sup>, kadar abu cangkang kelapa sawit 25% diperoleh hasil 2,22 gr/cm<sup>3</sup>, kadar abu cangkang kelapa sawit 50% diperoleh hasil 2,23 gr/cm<sup>3</sup>, kadar abu cangkang kelapa sawit 75% diperoleh hasil 2,21 gr/cm<sup>3</sup>, dan kadar abu cangkang kelapa sawit 100% diperoleh hasil 2,23 gr/cm<sup>3</sup>. Dari data hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa campuran laston dengan kandungan abu cangkang kelapa sawit memenuhi batas persyaratan yaitu  $> 2$  gr/cm<sup>3</sup>.

#### IV. KESIMPULAN

Hasil pengujian pembuatan benda uji aspal dengan variasi campuran ideal (Pb 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%) diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6%, yang kemudian digunakan sebagai rancangan benda uji dengan variasi abu cangkang kelapa sawit. Hasil pengujian Marshall untuk campuran AC-WC dengan variasi abu cangkang kelapa sawit 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% semuanya memenuhi persyaratan.

Berdasarkan data yang diperoleh substitusi variasi abu cangkang kelapa sawit memiliki nilai optimal parameter marshall yaitu pada variasi 50% abu cangkang kelapa sawit, dengan nilai stabilitas 1632 kg, nilai *flow* 5,3 mm, nilai VMA 18,64%, nilai VIM 7,83%, nilai VFB 73,53%, nilai MQ 314,45 kN/mm, dan nilai *Density* 2,23 gr/cm<sup>3</sup>.

Terdapat perbedaan karakteristik marshall antara campuran aspal yang disubstitusikan Abu cangkang kelapa sawit dengan campuran aspal menggunakan debu batu (*dust*). Campuran aspal menggunakan debu batu (*dust*) memiliki nilai stabilitas 2010 kg, *flow* 4,4 mm, VIM 8,89 %, VFB 71,54 %, *density* 2,20 gr/cm<sup>3</sup>, VMA 19,57 %, MQ 453,31 kN/mm. Sedangkan campuran dengan variasi abu cangkang sawit memiliki nilai optimal parameter marshall seperti poin sebelumnya pada kesimpulan.

#### REFERENSI

- [1] Bukhari, dkk. 2007. *Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan*. Fakultas Teknik. Universitas Syiah Kuala.
- [2] Direktorat Jenderal Bina Marga 2018.
- [3] Sentosa, L. 2005. *Kinerja Laboratorium Campuran Hot Rolled Asphalt dengan Abu Sawit sebagai Filler*. Simposium VIII Forum Studi Transportasi Antar-Perguruan Tinggi(FSTPT). Palembang: Universitas Sriwijaya.
- [4] Siregar,P. 2008. *Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Campuran Semen Pada Beton*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Sumatera Utara.
- [5] Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.