

## EVALUASI KUALITAS CAMPURAN ASPAL PANAS PRODUKSI AMP DENGAN BAHAN BAKAR LIMBAH CANGKANG KELAPA SAWIT

Ary Setyawan<sup>1\*</sup>, Florentina Pungky Pramesti<sup>2</sup>, Muhammad Ridwan Maulana<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Jl Ir Sutami 36 A Surakarta 57126  
e-mail: arysetyawan@staff.uns.ac.id

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Jl Ir Sutami 36 A Surakarta 57126  
e-mail: pungkypramesti@gmail.com

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Jl Ir Sutami 36 A Surakarta 57126  
e-mail: muhammadridwan2105@gmail.com

### ABSTRAK

Meningkatnya jumlah kebutuhan Hot Mixed Asphalt akibat pembangunan dan perawatan jalan raya mendorong Asphalt Mixing Plant (AMP) meningkatkan lagi kapasitas produksinya sehingga meningkatkan penggunaan solar sebagai bahan bakar utama di AMP. Padahal, solar merupakan bahan bakar yang bersifat tidak dapat diperbaharui atau Irreversible. Perlu adanya terobosan baru untuk mengatasi hal tersebut, salah satunya dengan mengganti bahan bakar utama di AMP, terutama saat pembakaran agregat di dryer, yakni dengan menggunakan limbah cangkang kelapa sawit. Berdasarkan kondisi itulah, maka perlu adanya pemeriksaan terkait kualitas campuran aspal Panas yang dicampur di AMP menggunakan bahan bakar limbah cangkang kelapa sawit. Data yang dibutuhkan berupa data pemeriksaan bitumen cair ( Penetrasi, Daktilitas, Titik Lembek, Titik Nyala dan Bakar dan berat jenis bitumen), data pemeriksaan agregat (berat jenis total agregat, baik berat jenis kering total, semu total, dan efektif total agregat), data pemeriksaan campuran beraspal yang dalam penelitian ini menggunakan jenis perkerasan HRS-Base (variasi temperatur pencampuran, temperatur pemadatan, densitas campuran, volumetrik dan marshall) yang kemudian di bandingkan dengan Pedoman / Spesifikasi Teknis 2018 Bina Marga. Analisis yang akan dilakukan pada penelitian ini yakni analisis pengaruh variasi temperatur pemadatan terhadap densitas campuran, analisis pengaruh variasi temperatur pencampuran terhadap hasil uji parameter marshall dan analisis pengaruh variasi sampel campuran terhadap hasil uji parameter marshall dan densitas campuran. Hasil Penelitian ini menyimpulkan bahwa campuran aspal yang dicampur di AMP menggunakan bahan bakar limbah cangkang kelapa sawit memenuhi standar Spesifikasi Teknis 2018 Bina Marga, dengan Rekomendasi-rekomendasi yang diberikan antara lain masih perlu adanya penelitian lebih lanjut, terutama terkait dengan variasi campuran aspal, yakni lebih variatif atau lebih dari satu jenis perkerasan.

Kata kunci: Limbah Cangkang Kelapa Sawit, HRS-Base, Volumetrik, Marshall, Temperatur Pemadatan dan Pencampuran, Spesifikasi Teknis 2018 Bina Marga.

### PENDAHULUAN

Gencarnya pembangunan dan perawatan jalan raya sebagai prasarana transportasi tidak terlepas dari penggunaan campuran aspal panas (*hot mixed asphalt*). Campuran aspal panas yang semakin dibutuhkan mendorong Unit Pencampur Aspal atau Asphalt Mixing Plant (AMP) untuk meningkatkan lagi kapasitas produksinya. Namun, terdapat resiko dari meningkatnya kapasitas produksi di AMP. Salah satunya yakni semakin meningkatnya penggunaan solar yang merupakan bahan bakar *irreversible* sebagai bahan bakar utama di AMP. Bahkan di pertengahan tahun 2019 lalu, menurut data Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas bumi (BPH Migas) penggunaan bahan bakar solar sudah melampaui batas kuota yang telah ditetapkan untuk penggunaan solar, yakni adanya kelebihan 0,8-1,3 juta KL dari kuota 2019 sebesar 14,5 juta KL. (*Sumber : Data statistik BPH Migas 2019*).

Maka dari itu, perlu adanya terobosan baru untuk mengganti solar sebagai bahan bakar utama di AMP. Itu dilakukan agar produksi campuran aspal panas tetap berlangsung untuk memenuhi permintaan pasar yang tinggi tanpa membahayakan pasokan solar yang semakin menipis. Salah satu terobosan yang ditempuh



sesuai SNI 06-2489-1991) selanjutnya dilakukan perhitungan nilai densitas, nilai parameter volumetrik dan marshall campuran dengan persamaan dibawah ini.

Perhitungan densitas dan volumetrik campuran :

$$\text{Densitas Camp (BJ Bulk)} = \frac{W_{dry}}{W_s - W_w} \quad (1)$$

$$\text{VIM} = 100 - \left( 100 \times \frac{\text{BJ Bulk Campuran}}{\text{Gmm}} \right) \quad (2)$$

dengan VIM = Rongga Dalam Campuran (*Void In Mixture*) (%), Gmm = Berat Jenis Teori Maksimum Campuran (gr/cc)

$$\text{VMA} = 100 - \frac{(100 - \% \text{ kadar Aspal}) \times \text{BJ Bulk Campuran}}{\text{Gsb}} \quad (3)$$

dengan VMA = Rongga Mineral Agregat (*Void Mineral Aggregate*) (%), Gsb = Berat jenis total agregat dalam kondisi kering/padat (Bulk) (gr/cc)

$$\text{VFB} = 100 \times \frac{(\text{VMA} - \text{VIM})}{\text{VMA}} \quad (4)$$

dengan VFB = Rongga Terisi Aspal (*Void Filled Bitument*) (%)

Setelah didapatkan nilai parameter volumetrik dan densitas campuran, selanjutnya melakukan perhitungan nilai parameter uji marshall campuran

$$S = q \times k \times H \times 0,454 \quad (5)$$

dengan S = Stabilitas Campuran (Kg), q = Bacaan arloji stability pada alat marshall (*lb*), k = Faktor kalibrasi alat, H = Koreksi tebal benda uji, 0,454 = Konversi angka pada bacaan nilai stabilitas alat (*lb* ke Kg)

$$\text{MQ} = \frac{S}{f} \quad (6)$$

dengan f = Pelelehan plastis campuran (*flow*), didapatkan dari bacaan jarum flow pada alat marshall (mm), MQ = Hasil bagi marshall / *Marshall Quotient* (Kg/mm)

## hasil dan pembahasan

Hasil pengujian kualitas teknis bitumen cair ditunjukkan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 5 berikut ini

Tabel 1 Hasil Pengujian Penetrasi Bitumen

Percobaan Penetrasi	Benda Uji I	Benda Uji II
	(x 10 <sup>-1</sup> mm)	(x 10 <sup>-1</sup> mm)
Pengamatan 1	60	61
Pengamatan 2	63	65
Pengamatan 3	62	63
Pengamatan 4	63	65
Pengamatan 5	62	62
Rata-rata	62	63,2

Sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018 Perkerasan Jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Halaman 6-45, tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston, bahwa batas minimum dan maksimum nilai penetrasi aspal cair adalah 60-79 mm. Maka dari itu, hasil pengujian penetrasi aspal cair diatas memenuhi standar yang berlaku.



Tabel 2 Hasil Pengujian Titik Lembek Bitumen

Titik lembek aspal	I	II
Pembacaan	50°C	52°C
Rata-rata	51°C	

Sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018 Perkerasan Jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Halaman 6-45, tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston, bahwa batas minimum dan maksimum nilai titik lembek aspal cair adalah 50°C - 58°C. Maka dari itu, hasil pengujian titik lembek aspal cair diatas memenuhi standar yang berlaku

Tabel 3 Hasil Pengujian Titik Nyala dan Bakar Bitumen Cair

Titik Nyala (°C)	Titik Bakar (°C)
341	348

Sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018 Perkerasan Jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Halaman 6-45, tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston, bahwa batas minimum titik nyala dan bakar aspal cair adalah 200<sup>0</sup> C. Maka dari itu, hasil pengujian titik nyala dan bakar aspal cair diatas memenuhi standar yang berlaku.

Tabel 4 Hasil Pengujian Daktilitas Bitumen Cair

Benda Uji	Pembacaan pada Alat
Benda Uji 1	150 cm
Benda Uji 2	150 cm
Rata-Rata	150 cm

Sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018 Perkerasan Jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Halaman 6-45, tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston, bahwa batas minimum nilai daktilitas aspal cair adalah 100 cm. Maka dari itu, hasil pengujian daktilitas aspal cair diatas memenuhi standar yang berlaku.

Tabel 5 Hasil Pengujian Berat Jenis Bitumen Cair

Nama Pengujian	Simbol	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat Piknometer Kosong	A	gr	66.500	66.000
Berat Piknometer + Aquades	B	Gr	192.000	193.700
Berat Piknometer + Aspal	C	Gr	99.600	99.700
Berat Piknometer + Aspal+Aquades	D	Gr	193.100	194.700
Berat Air 1 (B-A)	E	Gr	125.500	127.700
Berat Air 2 (D-C)	F	Gr	93.500	95.000
Berat Aspal (C-A)	G	Gr	33.100	33.700
Volume Aspal (E-F)	H	Cc	32.000	32.700
Berat Jenis Apal (G/H)		gr/cc	1.03438	1.03058
Rata Rata Berat jenis Aspal		gr/cc	1.032	

Dari Tabel 1 – Tabel 5 diatas, dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian parameter kualitas bitumen cair yang dipakai untuk membuat campuran beraspal yang dicampur di AMP menggunakan bahan bakar limbah cangkang kelapa sawit memenuhi standar spesifikasi Teknis 2018 Bina Marga.

Selanjutnya, hasil pengukuran temperatur pencampuran dan pemadatan, Perhitungan nilai densitas, nilai parameter volumetrik dan marshall sampel campuran beraspal yang dicampur dengan menggunakan bahan bakar limbah cangkang kelapa sawit beserta standar baku spesifikasi teknis 2018 Bina Marga ditunjukkan pada Tabel 6 sampai Tabel 13 berikut ini

Tabel 6 Temperatur Pencampuran dan Pemadatan Awal HMA 6 Sampel

Kode Sampel	Temperatur Pencampuran (°C)	Temperatur Pemadatan Awal (°C)
3+150	145	126
2+800	146	127.5
2+350	147	128.5

# KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17

10	149	130
14	149	130.7
16	151	132
Standar Baku*	145 – 155	125 – 140

\*) Standar Baku sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018 Perkerasan Jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Halaman 6-56, yakni tentang Ketentuan Temperatur HMA

Tabel 7 Hasil Perhitungan Kepadatan/Density Campuran Beraspal

Kode Sampel	Berat Benda Uji			Isi Benda Uji Cc g=e-f	Kepadatan gr/cc h=d/g
	Kering gr d	SSD Gr E	Dalam Air Gr F		
	3+150	1206.0	1218.0		
2+800	1204.0	1218.0	664.0	554.0	<b>2.173</b>
2+350	1200.0	1219.0	667.0	552.0	<b>2.174</b>
10	1000.8	1005.0	549.4	455.6	<b>2.197</b>
14	999.9	1010.7	556.8	453.9	<b>2.203</b>
16	996.5	999.7	549.1	450.6	<b>2.211</b>

Tabel 8 Hasil Perhitungan Rongga Dalam Campuran / VIM

Kode Sampel	Void In Mixture (%)
3+150	7.0
2+800	5.6
2+350	5.6
10	4.6
14	4.3
16	3.9
Rata-Rata	5.2
Standar Baku*	4-6

\*) Standar Baku sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018 Perkerasan Jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Halaman 6-45, yakni tentang ketentuan sifat-sifat campuran lataston.

Tabel 9 Hasil Perhitungan Rongga Dalam Mineral Agregat / VMA

Kode Sampel	Void Mineral Aggregate (%)
3+150	20.0
2+800	18.9
2+350	18.8
10	18.0
14	17.8
16	17.4
Rata-Rata	18.5
Standar Baku*	Min = 17

\*) Standar Baku sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018 Perkerasan Jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Halaman 6-45, yakni tentang ketentuan sifat-sifat campuran lataston.

Tabel 10 Hasil Perhitungan Rongga Terisi Aspal / VFB

Kode Sampel	Void Filled Bitumen (%)
3+150	10.0
2+800	10.0
2+350	10.0
10	10.0
14	10.0
16	10.0
Rata-Rata	10.0
Standar Baku*	10.0

Kode Sampel	Void Filled Bitument (%)
3+150	65.3
2+800	70.3
2+350	70.4
10	74.5
14	75.7
16	77.4
Standar Baku*	Min = 17
Standar Baku*	Min = 68

\*) Standar Baku sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018 Perkerasan Jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Halaman 6-45, yakni tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston

Tabel 11 Hasil Perhitungan Stabilitas Marshall Campuran

Kode Sampel	Bacaan Pada Alat	koreksi tebal	Kons. Kalibrasi Alat	Stabilitas (Kg)	Standar Baku* (Kg)
	m	N			
3+150	90.0	1.18	<b>25.826 Kgf</b>	1245.2	Minimal 800
2+800	92.0	1.16		1251.3	
2+350	92.0	1.16		1251.3	
10	95.0	1.13		1258.7	
14	96.5	1.12		1267.2	
16	98.0	1.11		1275.4	

\*) Standar Baku sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018 Perkerasan Jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Halaman 6-45, yakni tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston

Tabel 12 Data Pelelehan / Flow Campuran Beraspal

Kode Sampel	Stabilitas (Kg)	Pelelehan (Flow)
		Mm
3+150	1245.2	4.96
2+800	1251.3	4.97
2+350	1251.3	4.97
10	1258.7	4.98
14	1267.2	4.99
16	1275.4	5.00

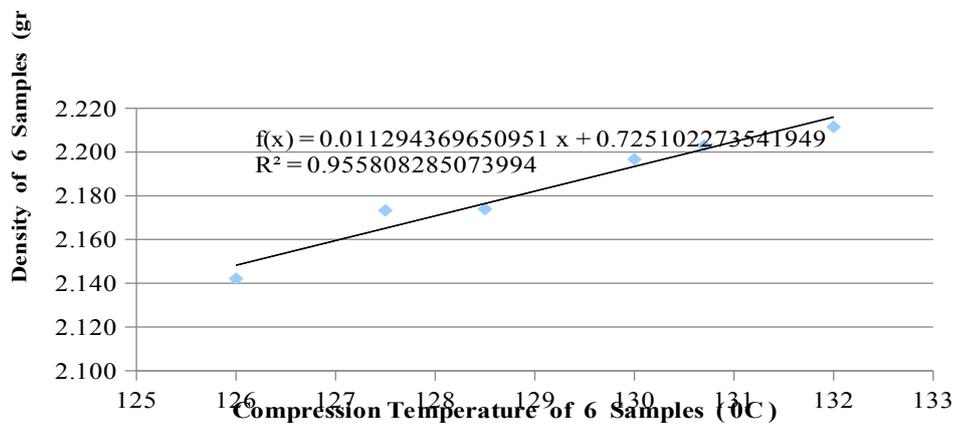
Tabel 13 Hasil Perhitungan Marshall Quotient Campuran

Kode Sampel	Stabilitas (Kg)	Pelelehan (Flow)	Marshall Quotient
		Mm	
		P	Kg/mm
3+150	1245.2	4.96	251.0
2+800	1251.3	4.97	251.8
2+350	1251.3	4.97	251.8
10	1258.7	4.98	252.7
14	1260.7	4.99	254.0
16	1262.4	5.00	255.1

\*) Standar Baku sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018 Perkerasan Jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Halaman 6-45, yakni tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston

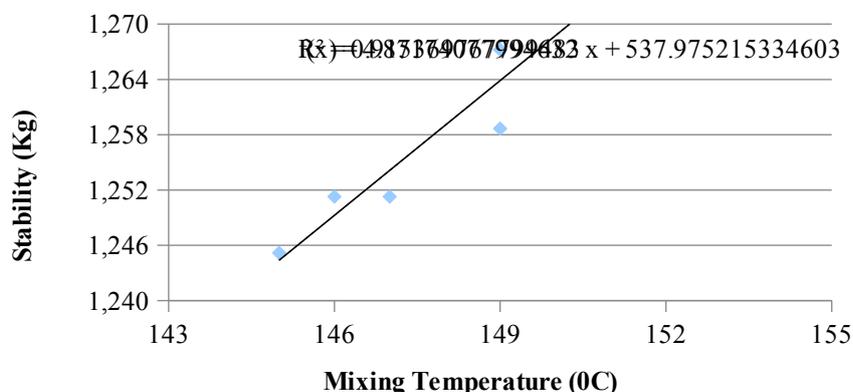
Dari Tabel 6 – Tabel 13, dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian parameter kualitas campuran beraspal yang dicampur di AMP menggunakan bahan bakar limbah cangkang kelapa sawit memenuhi standar spesifikasi Teknis 2018 Bina Marga.

Analisis yang akan dilakukan pada penelitian ini yakni analisis pengaruh variasi temperatur pemadatan terhadap densitas campuran, analisis pengaruh variasi temperatur pencampuran terhadap hasil uji parameter marshall dan analisis pengaruh variasi sampel campuran terhadap hasil uji parameter marshall dan densitas campuran. Untuk analisis pengaruh variasi temperatur pemadatan terhadap densitas campuran dan analisis pengaruh variasi temperatur pencampuran terhadap hasil uji parameter marshall dimodelkan dalam bentuk regresi linier, sedangkan untuk analisis pengaruh variasi sampel campuran terhadap hasil uji parameter marshall dan densitas campuran dimodelkan menggunakan metode uji hipotesis Analysis of Variance (ANOVA)



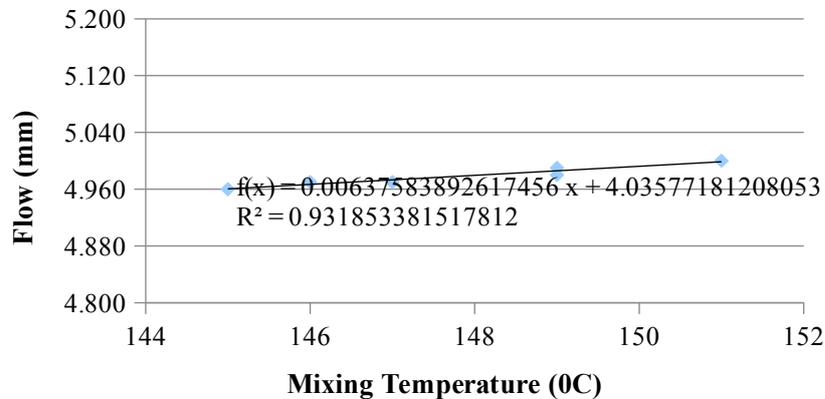
Gambar 1 Hubungan Antara Temperatur Pemadatan dan Kepadatan Campuran

Dari gambar dan tabel di atas, dapat dilihat bahwa semakin besar temperatur pemadatan, maka semakin besar pula nilai kepadatan nya. Itu dapat dilihat dari gambar yang berbanding lurus antara temperatur pemadatan dan kepadatan campuran. Namun dikarenakan tidak ada sampel yang memiliki suhu pemadatan di atas limit yang dibatasi oleh SNI, maka kita tidak dapat melihat apakah gambar ini akan terus berbanding lurus atau akan berbanding terbalik ketika melebihi batas yang telah ditetapkan oleh SNI.



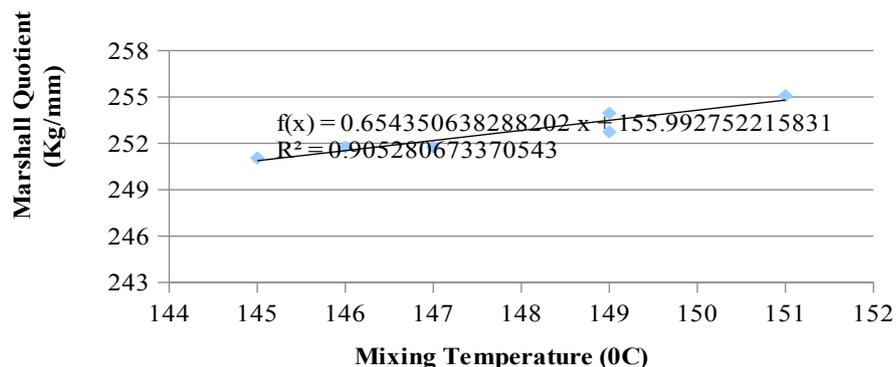
Gambar 2 Hubungan Antara Temperatur Pencampuran dan Stabilitas Campuran

Dapat dilihat dari Gambar 2 bahwa semakin tinggi suhu pencampuran, semakin tinggi juga nilai stabilitas yang didapat, ini dikarenakan Temperatur pencampuran yang tinggi mengakibatkan aspal semakin cair dan mudah memasuki rongga campuran sehingga meningkatkan ikatan dan angka stabilitasnya.



Gambar 3 Hubungan Antara Temperatur Pencampuran dan Flow Campuran

Suhu pencampuran dapat memengaruhi nilai *flow*, dimana campuran pada suhu yang lebih tinggi dapat menyebabkan kelelahan lebih besar karena aspal tercampur lebih merata menyelimuti agregat dalam campuran. Dapat dilihat dari Gambar 3 bahwa adanya pengaruh temperatur pencampuran terhadap pelelehan plastis / *flow*, yakni semakin tinggi temperatur pencampuran, maka semakin tinggi pula nilai *flow* campuran.



Gambar 4 Hubungan Antara Temperatur Pencampuran dan Marshall Quotient

Nilai Marshall Quotient ini dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan nilai kelelahan, yaitu MQ merupakan hasil bagi dari stabilitas dengan *flow*. Jika temperatur pencampuran mempengaruhi nilai stabilitas dan *flow*, maka begitujuga terhadap nilai MQ. Dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa hasil bagi marshall berbanding lurus dengan temperatur pencampuran. Grafik yang terbentuk ialah grafik linier dengan nilai koefisien determinasi yang sangat baik, yakni sebesar  $R = 0,9373$ .

Selanjutnya ialah hasil pengujian hipotesis pengaruh variasi campuran beraspal terhadap densitas dan parameter uji marshall campuran yang ditunjukkan dalam Tabel 14 berikut ini

Tabel 14 Rekapitulasi Hasil Pengujian Hipotesis Pengaruh Variasi Sampel Terhadap Nilai Parameter Marshall dan Densitas Campuran

No	Pengujian	P- Value	Nilai Rata-Rata tiap variasi sampel	
			In Situ	AMP
1	Densitas (gr/cc)	0.023	2.163	2.204
2	Stabilitas (Kg)	0.027	1249.25	1267.11

3	Pelelehan / Flow (mm)	0.0249	4.97	4.99
4	Marshall Quotient (Kg/mm)	0.032	251.5	253.9

Dari Tabel 14 disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil uji parameter marshall dan densitas sampel In Situ dengan hasil uji parameter marshall dan densitas sampel AMP, atau bisa dikatakan variasi sampel berpengaruh terhadap hasil uji parameter marshall dan densitas. Perbedaan yang signifikan itu terjadi akibat kedua variasi sampel tersebut memiliki treatment yang berbeda dalam proses mendapatkannya. Salah satu treatment yang berbeda ialah perjalanan sampel In Situ didalam dump truck dari lokasi AMP ke lokasi penghamparan hingga proses pemadatan dilapangan yang menjadikan suhu campuran turun secara signifikan. Itu mengakibatkan kecilnya nilai densitas, stabilitas, flow dan marshall quotient yang didapat dibandingkan nilai parameter uji marshall sampel AMP, yang tidak mengalami treatment tersebut. Selain itu, faktor lainnya ialah rata rata temperatur pencampuran sampel AMP lebih tinggi dibanding rata rata temperatur pencampuran sampel In Situ. Namun walaupun berbeda, hasil uji parameter marshall dan densitas campuran sampel AMP dan sampel In Situ tetap memenuhi nilai standar yang telah ditetapkan Bina Marga melalui Spesifikasi Teknis 2018.

## KESIMPULAN

Hasil pengujian dari tiap parameter kualitas campuran aspal panas yang dicampur di AMP dengan bahan bakar limbah cangkang kelapa sawit yang didapat **memenuhi** standar yang telah ditetapkan spesifikasi teknis Bina Marga 2018.

Variasi temperatur pencampuran berpengaruh terhadap hasil uji parameter marshall campuran (*Stabilitas, Flow dan Marshall Quotient*), yakni semakin tinggi temperatur pencampuran, maka semakin besar juga nilai hasil uji *Stabilitas, Flow dan Marshall Quotient*. Temperatur pencampuran yang tinggi mengakibatkan aspal semakin cair dan mudah memasuki rongga campuran sehingga meningkatkan ikatan dan angka stabilitasnya. Selain itu temperatur pencampuran yang tinggi juga mengakibatkan aspal tercampur lebih merata menyelimuti agregat dalam campuran sehingga menaikkan nilai pelelehan plastis / *flow* nya. Dari dua teori sebelumnya inilah, dilakukan pemodelan dalam bentuk linier pada pengaruh variasi temperatur pencampuran terhadap hasil uji parameter marshall campuran dengan mendapatkan nilai koefisien determinasi yang sangat baik, yakni sebesar  $R = 0,92$  untuk grafik pemodelan stabilitas,  $R = 0,93$  untuk grafik pemodelan flow dan  $R = 0,9053$  untuk grafik pemodelan *Marshall Quotient*.

Variasi temperatur pemadatan berpengaruh terhadap kepadatan (*Density*) campuran, yakni semakin besar temperatur pemadatan, maka semakin besar pula nilai kepadatan nya. Pemodelan dalam bentuk linier ini didasarkan teori yang ada sebelumnya, yakni menaikkan temperatur pemadatan mengakibatkan partikel agregat dalam campuran beraspal panas dapat dipadatkan lebih baik lagi (Suparyanto, 2008). Ini dibuktikan dengan nilai koefisien determinasi ( $R$ ) yang didapat sangat baik, yakni sebesar 0,9958.

Variasi sampel campuran beraspal berpengaruh terhadap hasil uji parameter marshall (*Densitas, Stabilitas, Flow dan Marshall Quotient*). Kesimpulan itu diperoleh setelah dilakukan uji hipotesis menggunakan metode Analysis of Variance One Way (ANOVA One Way), dapat dilihat dari nilai  $P - Value$  nya kurang dari nilai taraf nyata atau  $\alpha$  ( $\alpha = 0,05$ ) yakni sebesar  $P - Value = 0,023$  untuk Densitas,  $P - Value = 0,027$  untuk Stabilitas,  $P - Value = 0,025$  untuk *Flow* dan  $P - Value = 0,032$  untuk *Marshall Quotient*. Karena nilai  $P - Value$  dari keempat parameter tersebut kurang dari nilai  $\alpha$ , maka keempat parameter marshall tersebut berpengaruh terhadap tipe pembuatan sampel campuran beraspal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat jendral Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Divisi 6 perkerasan Aspal*, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Badan Penelitian dan Pengembangan, Bandung
- Mildawati, R. (2013). *Pengaruh Temperatur Campuran AC-WC terhadap Karakteristik Marshall*. Jurnal Saintis, Vol.13, No. 2. Riau. Universitas Islam Riau



- Sari, A. (2015). *Pengaruh Variasi Temperatur Pencampuran Aspal Panas Menggunakan Anti Stripping Agent Terhadap Karakteristik Marshall*. Medan, Universitas Sumatera Utara
- Suparyanto. (2008). *Pengaruh Penggunaan Aspal Pertamina AC 60/70 dan Aspal Shell AC 60/70 Terhadap Deformasi Permanen Campuran Beton Aspal (Spesifikasi Bina Marga 2007) Dikaitkan Dengan Temperatur Pematatan Menggunakan Alat Uji Wheel Tracking*, Tesis, Univeritas Gajah Mada, Yogyakarta