

Kajian Penelitian Limbah Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Aspal Untuk Campuran *Split Mastic Asphalt*

Rahmad Dzulhadi¹⁾

Sasana Putra²⁾

Dwi Herianto³⁾

Rahayu Sulistyorini⁴⁾

Abstract

Split Mastic Asphalt (SMA) is one of the surface layers with a higher percentage of AC pavement. This layer uses a gap gradation which has advantages, one of which is the percentage of coarse aggregate 70% of the total mixture, so that the main strength comes from the strength of the aggregate. In addition, it is necessary to increase the strength of the asphalt which can be done, one of which is to use coconut shell charcoal waste as a mixture in the asphalt. Coconut shell waste is found in Indonesia that has not been used optimally, so this study aims to determine the effect of adding coconut shell waste to the Split Mastic Asphalt (SMA) pavement mixture on Marshall characteristics and determine the optimum asphalt content needed so that the SMA mixture can improve performance. strength. Variations in addition of Coconut Shell Charcoal of 0%, 3%, 6% and 9% which will be mixed with asphalt. Furthermore, the test object is immersed for 30 minutes at a temperature of 60°C. The addition of coconut shell charcoal to the Split Mastic Asphalt (SMA) mixture has an effect on changes in the Stability value, the higher the coconut shell charcoal content in the Split Mastic Asphalt (SMA) mixture, the Stability value will increase, this is because coconut shell charcoal affects the penetration value of the asphalt. . The results of this study obtained the highest stability value at the addition of 9% Coconut Shell Charcoal content.

Keywords: Split Mastic Asphalt (SMA), Coconut Shell Charcoal, Stability

Abstrak

*Split Mastic Asphalt (SMA) adalah salah satu lapisan permukaan dengan persentase lebih tinggi dari perkerasan AC. Lapisan ini menggunakan gradasi senjang dimana memiliki keunggulan yakni persentase agregat kasar 70% dari campuran, sehingga kekuatan bersumber dari kekuatan agregat. Selain itu, diperlukan peningkatan kekuatan pada aspal yang dapat dilakukan salah satunya adalah dengan menggunakan limbah arang tempurung kelapa sebagai campuran pada aspal tersebut. Limbah tempurung kelapa banyak ditemukan di Indonesia yang belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan limbah tempurung kelapa pada campuran perkerasan *Split Mastic Asphalt (SMA)* terhadap karakteristik Marshall dan Menentukan kadar aspal optimum yang dibutuhkan agar campuran SMA dapat meningkatkan kinerja kekuatan. Variasi Arang Tempurung Kelapa sebesar 0%, 3%, 6% dan 9% yang akan dicampurkan aspal. Selanjutnya benda uji direndam dengan 30 menit dengan suhu 60°C. Penambahan arang tempurung kelapa terhadap campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* berpengaruh terhadap Stabilitas, semakin tinggi kadar arang tempurung kelapa dalam campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* maka nilai Stabilitas akan semakin meningkat, hal ini dikarenakan arang tempurung kelapa mempengaruhi nilai penetrasi terhadap aspal. Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai stabilitas tertinggi pada penambahan kadar Arang Tempurung Kelapa 9%.*

Kata Kunci: Split Mastic Asphalt (SMA), Arang Tempurung Kelapa, Stabilitas

¹⁾ Mahasiswa S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
Surel: rahmaddzulhadi56@gmail.com

²⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

I. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu infrastruktur sebagai penunjang pergerakan ekonomi dan sosial. Di tahun 2019, panjang jalan aspal di Indonesia mencapai 325,606 km berdasarkan. Maka kelayakan dan kenyamanan jalan perlu diperhatikan agar meminimalisir terjadinya kerusakan jalan. Kerusakan jalan terjadi seiring dengan bertambahnya masa umur pelayanan. Secara umum, 44% jalan di Indonesia berada dalam kondisi baik. Sisanya dalam kondisi sedang 19%, rusak ringan 15% dan rusak berat yakni sebesar 22%. Di Indonesia kerusakan jalan diakibatkan oleh beberapa faktor seperti peningkatan dan repitisi beban mekanis seiring dengan peningkatan volume kendaraan, kondisi tanah dasar yang tidak stabil, pemadatan tanah dasar yang tidak optimal, perubahan cuaca, suhu, temperatur, dan konstruksi jalan yang belum memenuhi standar spesifikasi. Maka dari itu perlu dilakukan pemeliharaan maupun perbaikan untuk mempertahankan kondisi jalan pada tingkat yang layak dan memperlambat laju penurunan kondisi jalan.

Kondisi jalan yang baik sangat dipengaruhi oleh lapisan-lapisan penyusun jalan itu sendiri. *Split Mastic Asphalt (SMA)* adalah salah satu lapisan permukaan dengan persentase yang lebih tinggi dari perkerasan AC dan HRS. Lapisan ini menggunakan gradasi senjang dimana memiliki keunggulan yang salah satunya adalah persentase agregat kasar 70% dari total campuran, sehingga kekuatan pokok bersumber dari kekuatan agregat. Selain itu, diperlukan peningkatan kekuatan pada aspal yang dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya adalah dengan menggunakan limbah arang tempurung kelapa sebagai campuran pada aspal tersebut. Limbah tempurung kelapa banyak ditemukan di Indonesia yang belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *marshall* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan menggunakan limbah arang tempurung kelapa sebagai bahan tambah pada aspal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material

Pada penelitian ini bahan-bahan yang dipersiapkan yaitu Arang Tempurung Kelapa, agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal pen 60/70.

2.1.1 Campuran Beraspal

Campuran beraspal adalah campuran yang terdiri atas kombinasi agregat yang dicampurkan dengan aspal. Pada saat proses pencampuran antara agregat dan aspal, keduanya dicampurkan dan dipanaskan pada temperatur tertentu.

Salah satu jenis campuran beraspal yaitu *Split Mastic Asphalt (SMA)*. *Split Mastic Asphalt (SMA)* adalah campuran pada perkerasan jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal dengan campuran proporsi tertentu.

2.1.2 Split Mastic Asphalt (SMA)

SMA merupakan campuran gradasi timpang dengan persentase agregat kasar tinggi. Campuran SMA lebih tahan terhadap deformasi, mempunyai kekuatan dan keawetan yang tinggi karena agregat kasar dan aspalnya tinggi serta distabilisasi dengan aditif sehingga dapat digunakan untuk perencanaan lapisan yang optimum dan dapat melayani sesuai dengan umur layan perkerasan jalan. Persentase kadar aspal yang tinggi pada SMA membutuhkan aditif yang menstabilkan dan memperkuat campuran.

2.1.3 Agregat

Agregat adalah sekumpulan partikel-partikel butiran mineral yang digunakan dikombinasi dengan berbagai jenis bahan perekat seperti aspal sebagai bahan dasar perkerasan jalan. Kandungan agregat berkisar antara 90% - 95% dari berat total atau 75% - 85% agregat berdasarkan persentase volume.

Agregat dikelompokkan menjadi 3 (tiga), yaitu agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*).

2.1.4 Aspal

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai tidak terlalu padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. 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. Aspal dibedakan berdasarkan tingkat kekerasannya (nilai penetrasi).

Umumnya aspal yang dipergunakan di Indonesia yaitu aspal penetrasi 60/70 atau aspal penetrasi 80/100. Untuk aspal penetrasi rendah digunakan pada daerah bercuaca panas dengan volume lalu lintas padat sedangkan pada daerah bercuaca dingin dengan volume lalu lintas rendah digunakan aspal penetrasi tinggi.

2.1.5 Aspal Termodifikasi

Aspal modified adalah suatu material yang dihasilkan dari campuran antara polimer alam atau polimer sintesis dengan aspal. Aspal modified telah dikembangkan selama beberapa dekade terakhir. Sementara di sisi lain faktor cuaca dan suhu juga sangat mempengaruhi keawetan lapis perkerasan aspal. Berdasarkan hal tersebut, dewasa ini telah banyak diteliti tentang pengembangan perubahan aspal (modifikasi aspal) dengan memanfaatkan bahan tambah dari limbah disamping dapat memperbaiki sifat-sifat perilaku aspal juga diharapkan ramah terhadap lingkungan (Mashuri and Husni 2006)

2.1.6 Arang Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa terletak dibagian dalam kelapa setelah sabut. Tempurung kelapa merupakan lapisan keras dengan ketebalan 3 mm sam 5 mm. sifat kerasnya disebabkan oleh banyaknya kandungan silika (SiO_2) yang terdapat dalam tempurung. Dari berat total buah kelapa, antara 15 – 19% merupakan berat tempurungnya. Selain itu tempurung juga banyak mengandung Arang Tempurung Kelapa. Sedangkan kandungan methoxyl dalam arang tempurung kelapa hampir sama dengan yang terdapat dalam kayu. Pada umumnya nilai kalor yang terkandung dalam tempurung kelapa adalah berkisar antara 18200 hingga 19388,05 kJ/kg.

Buah kelapa mempunyai hasil sampingan berupa tempurung yang dapat diolah menjadi arang. Namun, selama ini tempurung kelapa hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak atau dibiarkan sebagai limbah. Untuk meningkatkan nilai tambah produk kelapa, perlu dilakukan upaya pemanfaatan tempurung kelapa untuk diolah menjadi arang, mengingat kebutuhan arang tempurung kelapa cenderung meningkat sebagai bahan baku pembuatan arang aktif.

Arang aktif atau sering juga disebut karbon aktif adalah jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang besar (500 m²/g). Hal ini dicapai dengan proses pengaktifan karbon, baik secara kimia maupun fisik. Pengaktifan juga bertujuan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif. Arang aktif digunakan dalam berbagai jenis industri sebagai adsorben dan untuk kegunaan lainnya.

2.2 Metodologi

2.2.1 Metode *Marshall*

Metode Marshall adalah metode yang paling umum digunakan dan distandarisasikan dalam (ASTM D97, 2013). Parameter Marshall yaitu terdiri dari 3 parameter yaitu beban maksimum yang dapat diterima benda uji sebelum hancur atau disebut dengan Marshall Stability, deformasi permanen dari benda uji sebelum hancur atau disebut Marshall Flow.

Pengujian Marshall menggunakan alat tekan Marshall yang dilengkapi dengan cincin penguji (Proving Ring) berkapasitas 22,2 kN (5000 lbs) dan flow meter. Benda uji Marshall standar berbentuk silinder dengan tinggi 2,5 inch (6,35 cm) dan berdiameter 4 inch (10,16 cm).

2.1 Pembuatan Benda Uji

Setelah dilakukannya pengujian material yang akan digunakan, dilakukannya pencampuran Arang Tempurung Kelapa dengan aspal yang akan dijadikan sebagai campuran pembuatan benda uji untuk mencari KAO yang dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Pembuatan Benda Uji untuk mencari KAO

Arang Tempurung Kelapa	Kadar Aspal (%)	Benda Uji
0%	5	3 buah
	5.5	3 buah
	6	3 buah
	6.5	3 buah
	7	3 buah
3%	5	3 buah
	5,5	3 buah
	6	3 buah
	6,5	3 buah
	7	3 buah
6%	5	3 buah
	5,5	3 buah
	6	3 buah
	6,5	3 buah
	7	3 buah
9%	5	3 buah
	5,5	3 buah
	6	3 buah
	6,5	3 buah
	7	3 buah
Total		60 buah

Pembuatan benda uji dengan campuran Arang Tempurung Kelapa dilakukan setelah mendapatkan KAO. Lalu, dilakukan perendaman benda uji berdasarkan suhu 60°C dengan waktu perendaman 30 menit, dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Pembuatan Benda Uji Material Dengan Penambahan Arang Tempurung Kelapa

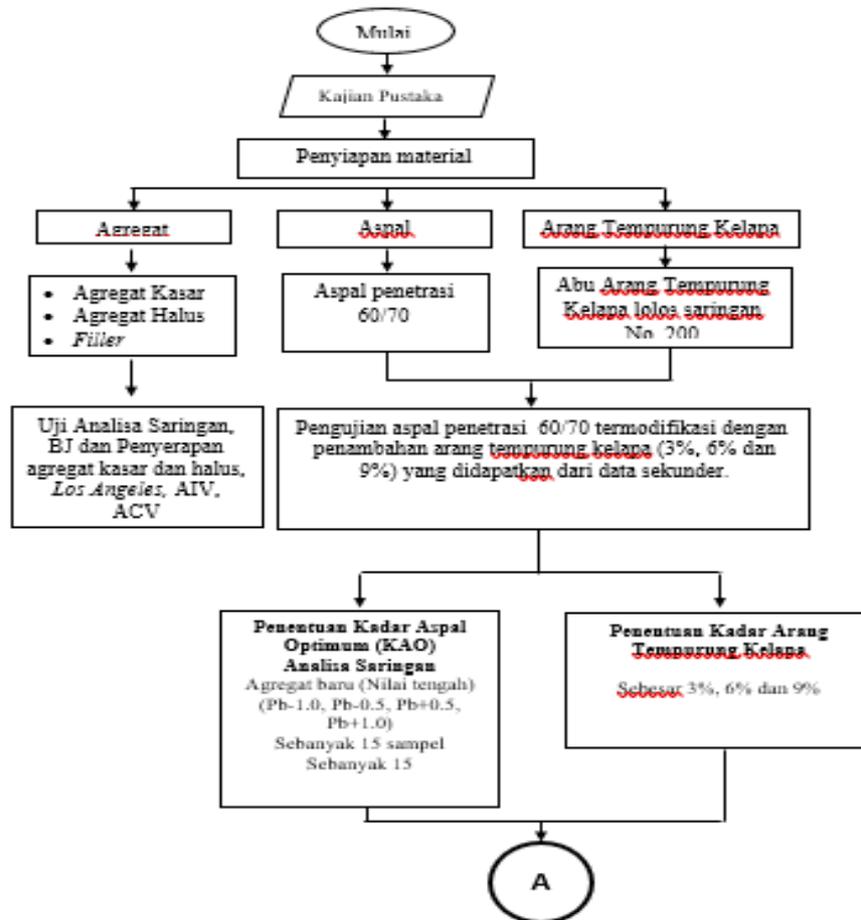
Arang Tempurung Kelapa	Suhu Perendaman (°C)	Benda Uji	Jumlah Benda Uji
0%	60	3 buah	3 buah
3%	60	3 buah	3 buah
6%	60	3 buah	3 buah
9%	60	3 buah	3 buah
Total			12 buah

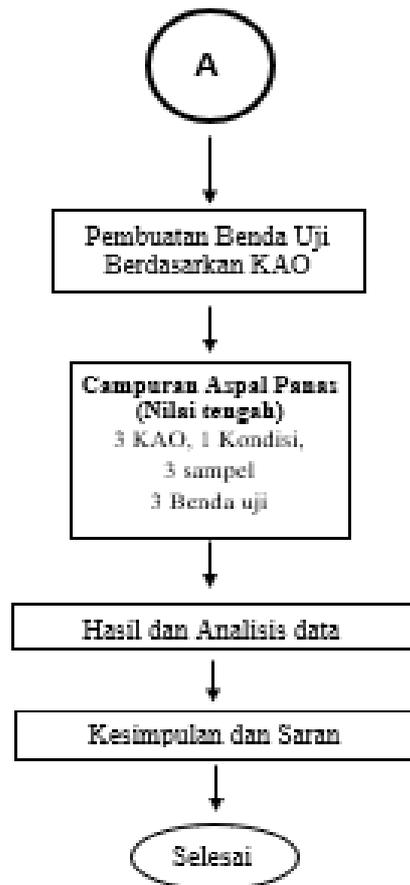
2.2 Pengujian Benda Uji

Pengujian yang dilakukan pada benda uji tersebut meliputi uji *Marshall*. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai-nilai yang dibutuhkan.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Untuk lokasi penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3.3 Penyiapan Material

Material yang penulis persiapkan untuk penelitian ini yaitu RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), Arang Tempurung Kelapa, aspal, agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

3.4 Pengujian Material

Pengujian Marshall dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan (flow) pada campuran beraspal yang mengacu pada SNI 06-2489:1991 (Badan Standardisasi Nasional 1991) dan akan dilakukan pengujian percobaan sesuai dengan kondisi cuaca di Indonesia yang mempunyai dua musim yaitu musim panas dan musim penghujan, pengujian akan disimulasikan dengan suhu perendaman 60°C.

3.5. Menghitung Parameter Marshall

Setelah pengujian menggunakan alat Marshall selesai maka akan didapatkan nilai stabilitas dan flow, selanjutnya dilakukan perhitungan parameter Marshall yaitu: *Void In The Mix* (VIM), *Void In Mineral Aggregate* (VMA), dan *Void Filled With Asphalt* (VFA) yang ada pada spesifikasi campuran dengan menggambarkan hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall.

IV. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian Bahan

Hasil dari pengujian bahan yang terdiri dari pengujian *properties* aspal dan agregat telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga (Direktorat Jenderal Bina Marga 2020). Pada perhitungan komposisi gradasi SMA, dilakukan untuk menentukan berat agregat 1-2, *screening*, abu batu dan *filler* yang dibutuhkan. Sedangkan kadar aspal optimum (KAO) yang digunakan diperoleh dari data sekunder, dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 1. Nilai Kadar Aspal Optimum

No	Kadar ATK	KAO
1	0% ATK	6%
2	3% ATK	6,1%
3	6% ATK	6,25
4	9% ATK	6,4%

4.2 Hasil Pengujian Marshall

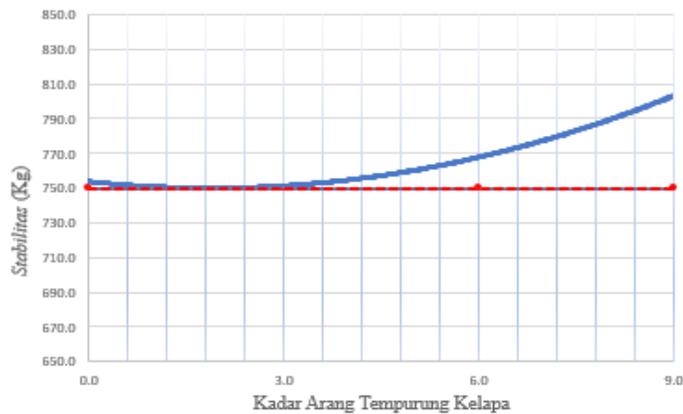
Pengujian marshall digunakan untuk mengetahui kinerja campuran beraspal dengan variasi suhu perendaman dan variasi penambahan Arang Tempurung Kelapa ditinjau dari beberapa karakteristik yaitu nilai stabilitas, *flow*, VIM (*void in mixture*) VMA (*void in mineral aggregate*), VFA (*void filled with asphalt*), dan *Marshall Quotient* (MQ). Selain itu, dilakukan pengukuran terhadap ukuran dan berat benda uji.

4.3 Hasil Perhitungan Nilai Stabilitas Terhadap Variasi Campuran Arang Tempurung Kelapa

Hasil uji *Marshall* berupa nilai stabilitas pada campuran aspal penetrasi 60/70 yang dimodifikasi dengan kadar Arang Tempurung Kelapa sebesar 0% 3% 6% dan 9% sebagai berikut.

Tabel 2. Nilai Stabilitas Terhadap Variasi campuran Arang Tempurung Kelapa

No	Kadar ATK	KAO	Stabilitas (Kg)			
			1	2	3	Rata - Rata
1	0% ATK	6%	721,4	733,2	790,1	748,2
2	3% ATK	6.1%	690,8	869,1	744,1	768,0
3	6% ATK	6.25%	702,0	754,5	797,0	751,2
4	9% ATK	6.4%	713,7	878,4	834,1	808,7



Gambar 2. Grafik Stabilitas Terhadap Arang Tempurung Kelapa.

Berdasarkan dari grafik diatas, diperoleh bahwa campuran arang tempurung kelapa berpengaruh pada meningkatnya nilai Stabilitas. Pada campuran arang tempurung kelapa 0 % nilai Stabilitas lebih kecil dari pada campuran arang tempurung kelapa 9 %. Nilai Stabilitas tertinggi yakni pada campuran arang tempurung kelapa 9% yaitu 808.7 kg, sedangkan nilai Stabilitas terkecil pada campuran arang tempurung kelapa 0% yaitu 748.2 kg.

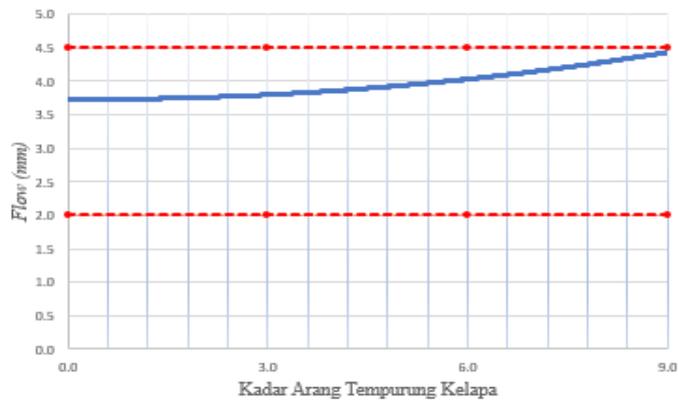
Pada campuran arang tempurung kelapa ini memiliki pengaruh terhadap aspal *toughness* yakni dimana arang tempurung kelapa mampu meningkatkan stabilitas dan mencegah patah akibat beban lalu lintas dan hilangnya stabilitas. Dimana semakin tinggi stabilitas maka makin bagus campuran dalam suatu lapisan tersebut.

4.4 Hasil Perhitungan Nilai Flow Terhadap Variasi Campuran Arang Tempurung Kelapa

Hasil uji *Marshall* berupa nilai *flow* pada campuran aspal penetrasi 60/70 yang dimodifikasi dengan kadar Arang Tempurung Kelapa sebesar 0% 3% 6% dan 9% sebagai berikut.

Tabel 3. Nilai *Flow* Terhadap Variasi campuran Arang Tempurung Kelapa

No	Kadar ATK	KAO	<i>Flow</i> (mm)			
			1	2	3	Rata - Rata
1	0% ATK	6%	3,4	4,0	3,9	3,8
2	3% ATK	6.1%	3,3	4,8	3,0	3,7
3	6% ATK	6.25%	4,2	3,3	4,9	4,1
4	9% ATK	6.4%	4,2	4,5	4,5	4,4



Gambar 3. Grafik *Flow* Terhadap Arang Tempurung Kelapa.

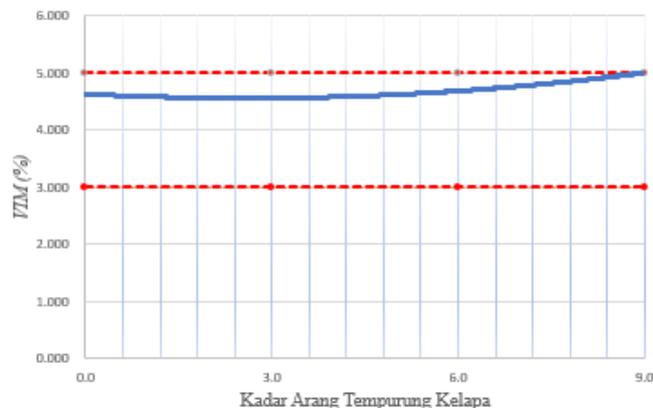
Berdasarkan dari grafik diatas, diperoleh bahwa campuran arang tempurung kelapa tidak mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena penambahan arang tempurung kelapa dapat meningkatkan kerapatan dan kekakuan dalam campuran yang ditandai dengan nilai penetrasi yang rendah. Semakin tinggi nilai *flow* yang didapat, maka semakin leleh suatu campuran tersebut, yang mengakibatkan semakin tidak bagus suatu lapisan tersebut.

4.5 Hasil Perhitungan Nilai VIM Terhadap Variasi Campuran Arang Tempurung Kelapa

Hasil uji *Marshall* berupa nilai VIM pada campuran aspal penetrasi 60/70 yang dimodifikasi dengan kadar Arang Tempurung Kelapa sebesar 0% 3% 6% dan 9% sebagai berikut.

Tabel 4. Nilai *VIM* Terhadap Variasi campuran Arang Tempurung Kelapa.

No	Kadar ATK	KAO	VIM (%)			
			1	2	3	Rata - Rata
1	0% ATK	6%	5,9	4,5	3,7	4,7
2	3% ATK	6.1%	4,4	4,4	4,3	4,4
3	6% ATK	6.25%	5,4	4,7	4,5	4,9
4	9% ATK	6.4%	5,3	5,5	4,0	4,9



Gambar 4. Grafik *VIM* Terhadap Arang Tempurung Kelapa.

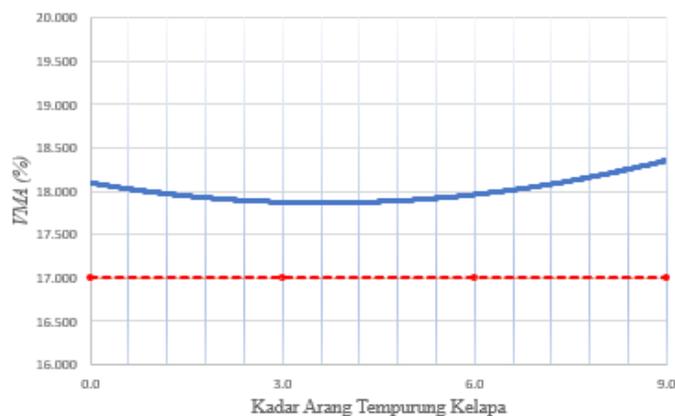
Berdasarkan dari grafik diatas, diperoleh bahwa campuran arang tempurung kelapa berpengaruh pada meningkatnya nilai VIM. Pada campuran arang tempurung kelapa 0 % nilai VIM lebih kecil dari pada campuran arang tempurung kelapa 9%. Nilai VIM merupakan rongga, semakin kecil rongga maka semakin bagus lapisan tersebut. Apabila nilai VIM yang didapat lebih dari 5% maka lapisan tersebut akan memiliki rongga yang tinggi sehingga akan mengakibatkan lapisan tersebut menjadi *porous*.

4.6 Hasil Perhitungan Nilai VMA Terhadap Variasi Campuran Arang Tempurung Kelapa

Hasil uji *Marshall* berupa nilai VMA pada campuran aspal penetrasi 60/70 yang dimodifikasi dengan kadar Arang Tempurung Kelapa sebesar 0% 3% 6% dan 9% sebagai berikut.

Tabel 5. Nilai VMA Terhadap Variasi campuran Arang Tempurung Kelapa.

No	Kadar ATK	KAO	VMA (%)			
			1	2	3	Rata - Rata
1	0% ATK	6%	19,2	18,0	17,3	18,2
2	3% ATK	6.1%	17,7	17,7	17,6	17,7
3	6% ATK	6.25%	18,6	18,0	17,9	18,2
4	9% ATK	6.4%	18,6	18,8	17,5	18,3



Gambar 5. Grafik VMA Terhadap Arang Tempurung Kelapa.

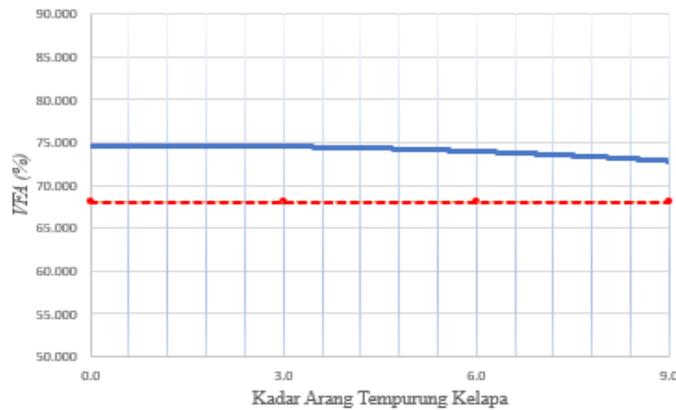
Berdasarkan dari grafik diatas, diperoleh bahwa campuran arang tempurung kelapa berpengaruh pada meningkatnya nilai VMA. Pada campuran arang tempurung kelapa 0 % nilai VMA lebih kecil dari pada campuran arang tempurung kelapa 9%. Akan tetapi, nilai VMA menurun pada saat di campuran 3 % yaitu 17,6761 %. Peningkatan nilai VMA ini disebabkan oleh viskositas bahan ikat yang semakin tinggi dengan bertambahnya arang tempurung kelapa. Viskositas bahan ikat yang tinggi diindikasikan dengan penurunan angka penetrasi dan kenaikan titik leleh.

3.7 Hasil Perhitungan Nilai VFA Terhadap Variasi campuran Arang Tempurung Kelapa.

Hasil uji *Marshall* berupa nilai VIM pada campuran aspal penetrasi 60/70 yang dimodifikasi dengan kadar Arang Tempurung Kelapa sebesar 3% dan 6% pada campuran dengan variasi suhu perendaman sebagai berikut.

Tabel 6. Nilai VFA Terhadap Variasi campuran Arang Tempurung Kelapa.

No	Kadar ATK	KAO	VFA (%)			
			1	2	3	Rata - Rata
1	0% ATK	6%	69,4	75,2	78,5	74,3
2	3% ATK	6.1%	75,0	75,3	75,6	75,3
3	6% ATK	6.25%	70,9	74,0	74,7	73,2
4	9% ATK	6.4%	71,4	70,7	77,2	73,1



Gambar 6. Grafik VFA Terhadap Arang Tempurung Kelapa.

Berdasarkan dari grafik diatas, diperoleh bahwa campuran arang tempurung kelapa berpengaruh pada menurunnya nilai VFA. Pada campuran arang tempurung kelapa 0 % nilai VFA lebih besar dari pada campuran arang tempurung kelapa 9%, hal ini diakibatkan oleh meningkatnya nilai VMA. Jika nilai rongga antar agregat (VMA) semakin besar maka persentase rongga yang terisi aspal akan semakin kecil.

Dibandingkan dengan (Nur, 2017) nilai VFA terbesar terjadi pada campuran 7% yaitu 83,496%. Dilihat dari hasil yang ada, dapat disimpulkan bahwa nilai VFA yang saya peroleh lebih kecil daripada hasil diatas.

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah Penambahan arang tempurung kelapa terhadap campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* berpengaruh terhadap perubahan nilai Stabilitas, semakin tinggi kadar arang tempurung kelapa dalam campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* maka nilai Stabilitas akan semakin meningkat, hal ini dikarenakan arang tempurung kelapa mempengaruhi nilai penetrasi terhadap aspal.

Dalam penelitian ini didapat disimpulkan bahwa Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran arang tempurung kelapa 0%, 3%, 6% dan 9% meningkat. Adapun hasil Kadar Aspal Optimum (KAO) pada 0% yakni sebesar 6%, untuk campuran arang tempurung kelapa 3% sebesar 6.1%, untuk campuran arang tempurung kelapa 6% sebesar 6.25% dan untuk campuran arang tempurung kelapa 9% yakni sebesar 6.4%.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 1991. Sni 06-2489 Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall. Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Mashuri and Husni, M.H., 2006. Sifat-sifat mekanis aspal yang ditambahkan serbuk arang tempurung kelapa. *Majalah Ilmiah (MEKTEK)*, 8 (1), 42–48.
- Nur, M.F., Imananto, E.I., and Prajitno, A., 2017. Tambah Dengan Filler Abu Batu Untuk Meningkatkan Kinerja Karakteristik Beton Aspal (Ac-Wc). *Jurnal Sondir*, 1, 30–38. Malang
- Standars, A.B. of A., 2013. ASTM D97 Standard Test Method for Pour Point of Petroleum Products. *Manual on Hydrocarbon Analysis, 6th Edition*. United States