



## ***Using Of Palm Shell Ash Filler as Modified Asphalt Mixture in Asphalt Concrete-Wearing Coarse Layers***

Akbar Indrawan Saudi <sup>a,\*</sup>, Aswati Ahmad <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat, Majene- Indonesia 91412

### ARTICLE INFO

Handling Editor – Syajruddin

Keywords:

asphalt, filler, material, marshall test, palm shell.

### ABSTRACT

*The ability of a road pavement structure to withstand traffic loads is a major part of road construction work, this requires pavement that has characteristics that are durable, strong, low cost and efficient. West Sulawesi has great potential in the field of oil palm agriculture by ranking second in Eastern Indonesia, with a land area of 72,506 hectares. This has an impact on the large amount of palm oil waste generated from the oil palm management company itself, especially in the oil palm shell. Therefore innovation is needed that can reduce palm shell waste and process it in such a way that it can benefit the community and the surrounding environment. One way is to use palm shell ash as a substitute for filler in the asphalt layer. The purpose of this study was to find out how the effect of using palm shell ash waste as a filler on the type of Asphalt Concrete – Wearing Course mixture with variations in the addition of 1.5%, 2.5% and 3.5% filler. In addition, this study also aims to analyze the effect of using 6.15% asphalt content on the mixture. From the research that has been done, it shows that with the addition of palm shell ash as a filler to the Asphalt Concrete – Wearing Course mixture with an asphalt content of 6.15%. The result was that, at a variation of 3.5%, it did not meet the specifications set by Bina Marga in 2018 div. 6. While the variations of 1.5% and 2.5% have met the 2018 General Highways specifications div. 6 and can be used as a mixture.*

Singkatan: AC-WC = Asphalt Concrete-Wearing Course;

\* Korespondensi ke: Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat, Majene - Indonesia 91412  
E-mail address: akbarindrawan@unsulbar.ac.id (Akbar Indrawan Saudi).

Diajukan, 17 April 2025; Diterima dalam bentuk revisi, 19 April 2025; Disetujui, 20 April 2025;

Terbit secara online, 20 April 2025

XXXX-XXXX/© 2025 Published by USN Scientific Journal Publisher. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Pendahuluan

Kemampuan dari suatu struktur perkerasan jalan menahan beban lalu lintas merupakan bagian utama dalam pekerjaan konstruksi jalan, hal ini menuntut perkerasan jalan yang memiliki karakteristik yang awet, kuat, biaya murah dan tepat guna. Dalam rangka mengimplementasikan karakteristik tersebut terdapat dua hal penting yang perlu diperhatikan yaitu, perlunya perencanaan yang tepat dan ketepatan mutu dalam pelaksanaan yang sesuai dengan rancangan tersebut. Agregat sebagai bahan utama penyusun perkerasan jalan memegang peranan yang sangat vital dalam struktur lapisan perkerasan jalan. Kemampuan daya dukung perkerasan suatu jalan bergantung pada karakteristik agregat yang digunakan. Keberhasilan dalam proses pelaksanaan pembangunan dan pemeliharaan jalan akan sangat dipengaruhi oleh pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan.

Ketersediaan material yang mengalami ketidakpastian dan harga bahan agregat yang terus menerus mengalami fluktuasi menjadi suatu persoalan dalam menjawab kemampuan untuk menyediakan infrastruktur jalan yang memiliki karakteristik yang awet, kuat, biaya murah. Persoalan tersebut menjadi jalan utama diperlukannya inovasi melalui penelitian-penelitian untuk menemukan bahan material yang baik, murah maupun ramah lingkungan (eco material). Konsep baru pada lapisan perkerasan menggunakan material ramah lingkungan, merupakan gagasan baru dari struktur perkerasan aspal dengan berorientasi pada atribut-atribut secara ekologi (Manaugeth et al., 2015).

Penggunaan material yang ramah lingkungan, dapat dijumpai dengan penggunaan bahan limbah hasil industri, seperti contoh penggunaan material limbah plastik LDPE pada teknologi perkerasan aspal dan penggunaan material alam dari karet (DIREKTORAT BINA TEKNIK JALAN DAN JEMBATAN - Kementerian PUPR, n.d.). Potensi sawit khususnya di Indonesia menjadi sektor yang perlu dikaji lebih lanjut berkaitan dengan pemanfaatan limbahnya. Kementerian ESDM mencatat realisasi pemanfaatan biogas dari hasil olahan limbah industri kelapa sawit atau palm oil mill effluent (POME) mencapai 16,38 juta metrik kubik pada tahun 2022 dan pemanfaatan biogas dari limbah sawit mayoritas digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik (Riyandanu, 2023). Pada Tahun 2022 Indonesia memiliki perkebunan kelapa sawit seluas 14,9 juta hektare (ha) dengan volume produksi kelapa sawit Indonesia pada 2022 mencapai 45,58 juta ton (Ahdiat, 2023).

Pemilihan abu cangkang kelapa sawit didasarkan perkembangan industri dibidang pertanian kelapa sawit yang semakin pesat. Khususnya di Provinsi Sulawesi Barat menempati posisi kedua pada kawasan Timur Indonesia dengan luas lahan mencapai 72.506 ha dan menghasilkan 374.600-ton kelapa sawit (Badan Pusat Statistik, 2021). Hal tersebut tentunya berimbas terhadap tingginya limbah dari hasil olahan kelapa sawit. Maka diperlukan inovasi untuk mengolah limbah menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan limbah abu cangkang kelapa sebagai filler dengan variasi campuran 1.5%, 2.5% dan 3.5% terhadap jenis campuran Asphalt Concrete – Wearing Course. Juga untuk menganalisis pengaruh kadar aspal 6,15% terhadap penggunaan limbah abu cangkang kelapa sawit sebagai filler.

## 2. Metode

Metode penelitian disusun dalam rangka proses ilmiah dengan tujuan dan spesifikasi tertentu dalam menjawab sebuah permasalahan yang ditinjau (Sugiyono, 2013). Topik penelitian yang telah dipilih kemudian dilakukan identifikasi, analisis dan proses untuk mengevaluasi validitas dan reabilitas penelitian. Metode yang digunakan adalah metode experimental (*laboratory research*) dengan menggunakan beberapa variasi campuran yang telah direncanakan (sampel yang dibuat). Kajian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah untuk melihat seberapa jauh dampak penggunaan abu cangkang sawit yang difungsikan sebagai bahan pengganti *filler* pada campuran AC-WC dan menganalisis komposisi modifikasi campuran yang optimal dan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.

Pengujian menggunakan alat marshall menjadi tolak ukur yang digunakan dalam mengetahui dampak penggunaan bahan tambah abu cangkang sawit berdasarkan nilai parameter kinerja campuran aspal. Dalam rangka menentukan kandungan pengikat yang optimum pada campuran agregat dan bitumen (aspal panas) maka pengujian standar yang digunakan adalah metode pengujian Marshall. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan campuran aspal yang memenuhi ketentuan-ketentuan atau spesifikasi yang menjadi standar didalam kriteria syarat perencanaan yang diatur pada dokumen Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018).

Pembahasan mengenai dampak pengaruh kinerja dari campuran aspal beton terhadap karakteristik *marshall* yang meliputi: kepadatan (*density*), VIM, VMA, VFA, pelelehan (*flow*), stabilitas dan MQ (*Marshall Quotient*) akan menjadi lingkup utama dalam penelitian ini. Dari hasil analisa data pengujian, nantinya akan muncul grafik kepadatan VIM, VMA, VFA, pelelehan (*flow*), stabilitas dan MQ (*Marshall Quotient*).

### a. Bahan yang digunakan

1. Agregat kasar dan agregat halus yang diperoleh dari wilayah Kabupaten Pinrang
2. *Filler* (Abu Cangkang Kelapa Sawit) yang telah diolah (dihancurkan) dan lolos saringan no. 200. Lokasi pengambilan material tersebut berasal dari pabrik minyak sawit astra yang terletak desa Babana, Kecamatan Budong-budong, Kabupaten Mamuju Tengah, Provinsi Sulawesi Barat.
3. Aspal yang digunakan adalah aspal keras pertamina dengan penetrasi 60/70.

## b. Tahap penelitian

Tahapan penelitian yang akan dikerjakan dalam proses ini merupakan langkah-langkah awal yakni berawal dari studi pendahuluan, penyusunan kerangka pikir, pengumpulan bahan dan alat, pengujian material, perencanaan campuran dan analisis hasil serta kesimpulan.

## 1. Persiapan

Pada tahap ini yang akan dilakukan adalah mempersiapkan semua bahan, dan melihat semua alat yang akan digunakan pada saat pengujian dan melihat bahan yang akan di pakai seperti agregat halus, kasar, aspal dan *filler*.

## 2. Uji bahan

Pengujian agregat diperlukan sebagai bahan penyusun pada campuran beraspal panas dengan komposisi dan gradasi sesuai dengan spesifikasi yang ada pada campuran AC-WC. Untuk agregat kasar, agregat halus dan *filler* terlebih dahulu dilakukan pengujian berat jenis untuk mengetahui penyerapan setiap agregat atau bahan pengisi pada campuran.

## 3. Pengujian aspal

Pengujian sifat fisis aspal dilakukan dengan melakukan percobaan uji penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis dan kehilangan berat.

## 4. Perencanaan Campuran

Dalam tahapan ini dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) selanjutnya menentukan campuran aspal modifikasi dengan menentukan kadar bahan tambah limbah batu bata dengan variasi 1,5%, 2,5% dan 3,5% dari berat total campuran dan disesuaikan dengan spesifikasi campuran pada lapisan AC-WC yang diatur dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini selanjutnya dilakukan analisis terhadap karakteristik aspal, karakteristik agregat, yang dijadikan sebagai dasar bahan penyusun campuran aspal AC-WC. Dari hasil analisis dan pengujian material tersebut maka dilanjutkan dengan pembahasan hasil karakteristik parameter kinerja campuran aspal.

## 1. Hasil Pengujian Sifat Fisis Aspal

Uji fisis aspal dilakukan untuk melihat kelayakan aspal yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji telah memenuhi persyaratan Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 Revisi 2. Aspal yang digunakan berupa aspal penetrasi 60/70 pengujian aspal yang dilakukan meliputi pengujian titik lembek aspal, penetrasi aspal dan berat jenis aspal.

**Tabel 1**

Hasil Pengujian Fisis Aspal

No.	Jenis pengujian	Standar pengujian	Tipe aspal pen 60/70	Spesifikasi		Hasil Pengujian
				Min	Max	
1	Penetrasi	SNI 06-2456-1991	60-70	60	70	64,4
2	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	50-58	50	58	50
3	Berat Jenis	SNI 06-2488-1991	Min .1	1	-	1,036
4	Titik Nyala dan Titik Bakar	SNI 03-6722-2002	Min. 200	200	-	290 dan 315

(Sumber: Laboraturium PT. Bumi Karsa, 2023)

## 2. Hasil Uji Analisis Saringan Agregat.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari agregat kasar dan halus. Untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan. Pemeriksaan gradasi agregat mengikuti Prosedur pengujian pada SNI 03 – 1998 – 1990.

**Tabel 2**

Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Hot Bin III Material 1-2

No. Saringan	Sampel No. 1				Sampel No. 2			Rata - Rata	Spesifikasi
	Kumulatif				Kumulatif				
Inch	Mm	Gr. T.Tahan	% T.Tahan	% Lolos	Gr. T.Tahan	% T.Tahan	% Lolos		
2"	50,8	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00	
1 1/2"	36,1	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00	
1"	25,4	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00	100
3/4"	19,1	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00	90 – 100

No. Saringan		Sampel No. 1			Sampel No. 2			Rata - Rata	Spesifikasi
		Kumulatif			Kumulatif				
Inch	Mm	Gr. T.Tahan	% T.Tahan	% Lolos	Gr. T.Tahan	% T.Tahan	% Lolos		
1/2"	12,7	905	56,99	43,01	1093	61,03	38,97	40,99	75 – 90
3/8"	9,52	1513	95,28	4,72	1717	95,87	4,13	4,43	77 – 90
No.4	4,75	1586	99,87	0,13	1788	99,83	0,17	0,15	53 – 69
No.8	2,36	1586	99,87	0,13	1788	99,83	0,17	0,15	33 – 53
No.16	1,18	1586	99,87	0,13	1788	99,83	0,17	0,15	21 – 40
No.30	0,6	1586	99,87	0,13	1788	99,83	0,17	0,15	14 – 30
No.50	0,3	1586	99,87	0,13	1788	99,83	0,17	0,15	9 – 22
No.100	0,15	1586	99,87	0,13	1788	99,83	0,17	0,15	6 – 15
No.200	0,075	1586	99,87	0,13	1788	99,83	0,17	0,15	4 – 9
<b>Total Weight:</b>		1588,0		Gram	1791,0		Gram		

(Sumber: Laboraturium PT. Bumi Karsa, 2023)

### 3. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat

Pengujian berat jenis bertujuan untuk mengetahui berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh atau *Saturated Surface Dry* (SSD) dan berat jenis semu (*apparent*) serta penyerapan air oleh agregat kasar.

**Tabel 3**

Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Dan *Filler*

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Satuan	Spesifikasi	Hasil Pengujian	
<b>Abu Batu</b>						
1.	Berat Jenis Bulk	SNI 1969:2008	gr/cc	2,5	-	2,516
2.	Berat Jenis SSD					2,564
3.	Berat Jenis Semu					2,644
4.	Penyerapan Air					1,926
<b>Agregat Ukuran 0,5 – 1</b>						
1.	Berat Jenis Bulk	SNI 1969:2008	gr/cc	2,5	-	2,524
2.	Berat Jenis SSD					2,561
3.	Berat Jenis Semu					2,620
4.	Penyerapan Air					1,465
<b>Agregat Ukuran 1 – 2</b>						
1.	Berat Jenis Bulk	SNI 1969:2008	gr/cc	2,5	-	2,522
2.	Berat Jenis SSD					2,548
3.	Berat Jenis Semu					2,590
4.	Penyerapan Air					1,037
<b>Filler (Batu Bata)</b>						
1.	Berat Jenis Bulk	SNI 1969:2008	gr/cc	2,5	-	2,530
2.	Berat Jenis SSD					2,770
3.	Berat Jenis Semu					3,320
4.	Penyerapan Air					1,990

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

### 4. Berat jenis total dan penyerapan agregat

Berat jenis sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis dan penyerapan agregat. Adapun tujuan pengujian memperoleh angka penyerapan dari agregat.

**Tabel 4**

Hasil Pengujian Berat Jenis Total Dan Penyerapan Agregat

No.	Agregat	Bulk	SSD	Semu	Penyerapan Air
1.	Split 1 – 2 (17%)	2,516	2,564	2,644	1,926
2.	Split 0,5 – 1 (40%)	2,524	2,561	2,620	1,465

No.	Agregat	Bulk	SSD	Semu	Penyerapan Air
3.	Abu Batu (43%)	2,522	2,548	2,590	1,037

(Sumber: Laboraturium PT. Bumi Karsa, 2023)

**Tabel 5**

Hasil Pengujian Berat Jenis Gabungan Agregat

No	Parameter Berat Jenis	Nilai
1	Berat Jenis Campuran Kering ( $G_{sb}$ )	2,520
2	Berat Jenis Campuran Maksimum	2,352
3	Berat Jenis Efektif Agregat ( $G_{se}$ )	2,352
4	Absorpsi Aspal (Pba)	0,689

(Sumber: Laboraturium PT. Bumi Karsa, 2023)

#### 5. Penentuan Proporsi Agregat Campuran

Dalam penentuan nilai Kadar Aspal Optimum hal yang perlu dilakukan terlebih dahulu adalah menentukan Proporsi agregat campuran dengan metode coba-coba (*trial and error*) dengan syarat memenuhi batasan gradasi yang disyaratkan atau sesuai dengan spesifikasi. Nilai persentase gradasi gabungan agregat yang digunakan pada campuran AC-WC adalah sebagai berikut:

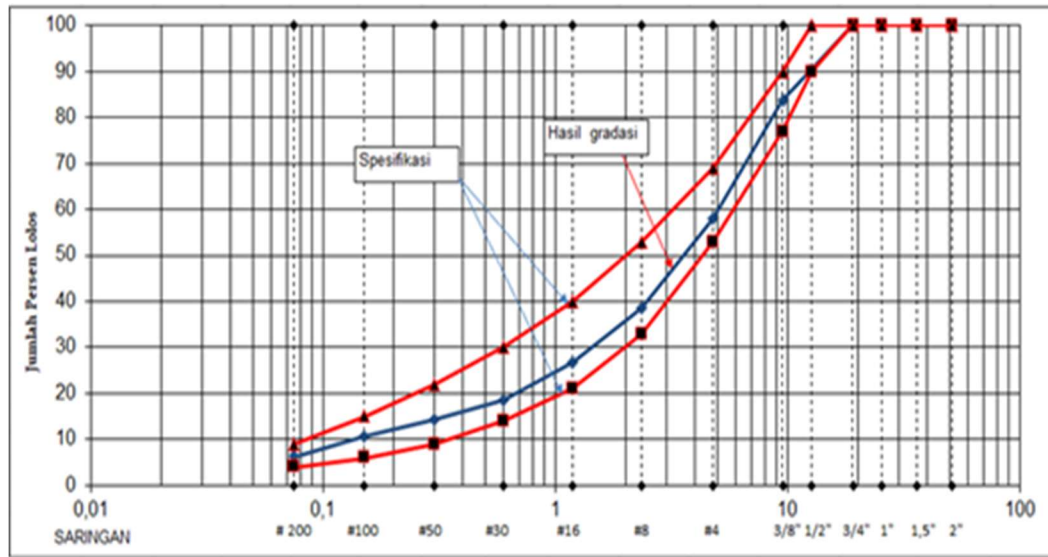
**Tabel 6**

Hasil Pengujian Proporsi Campuran Variasi 1,5%

No. Saringan	Hot Bin I	Hot Bin II		Hot Bin III		Filler Cangkang Sawit		Rata-Rata	Spesifikasi		
		% Lolos	43%	% Lolos	40%	% Lolos	15,50%	% Lolos		1,5%	% Lolos
Inch	Mm										
2"	50,8	100,00	43,00	100,00	40,00	100,00	15,50	100,00	1,50	100,00	
1 1/2"	36,1	100,00	43,00	100,00	40,00	100,00	15,50	100,00	1,50	100,00	
1"	25,4	100,00	43,00	100,00	40,00	100,00	15,50	100,00	1,50	100,00	100,00
3/4"	19,1	100,00	43,00	100,00	40,00	100,00	15,50	100,00	1,50	100,00	100,00
1/2"	12,7	100,00	43,00	100,00	40,00	40,99	6,35	100,00	1,50	90,56	90 – 100
3/8"	9,52	100,00	43,00	97,60	39,04	4,43	0,69	100,00	1,50	83,75	77 – 90
No.4	4,75	100,00	43,00	35,20	14,08	0,15	0,02	100,00	1,50	58,10	53 -69
No.8	2,36	84,23	36,22	3,41	1,37	0,15	0,02	100,00	1,50	38,61	33 – 53
No.16	1,18	59,14	25,43	0,54	0,22	0,15	0,02	100,00	1,50	26,67	21 – 40
No.30	0,6	40,43	17,38	0,12	0,05	0,15	0,02	100,00	1,50	18,46	14 – 30
No.50	0,3	30,79	13,24	0,12	0,05	0,15	0,02	100,00	1,50	14,31	9 – 22
No.100	0,15	22,06	9,48	0,12	0,05	0,15	0,02	100,00	1,50	10,55	6 – 15
No.200	0,075	12,08	5,19	0,12	0,05	0,15	0,02	97,89	1,47	6,24	4 – 9

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

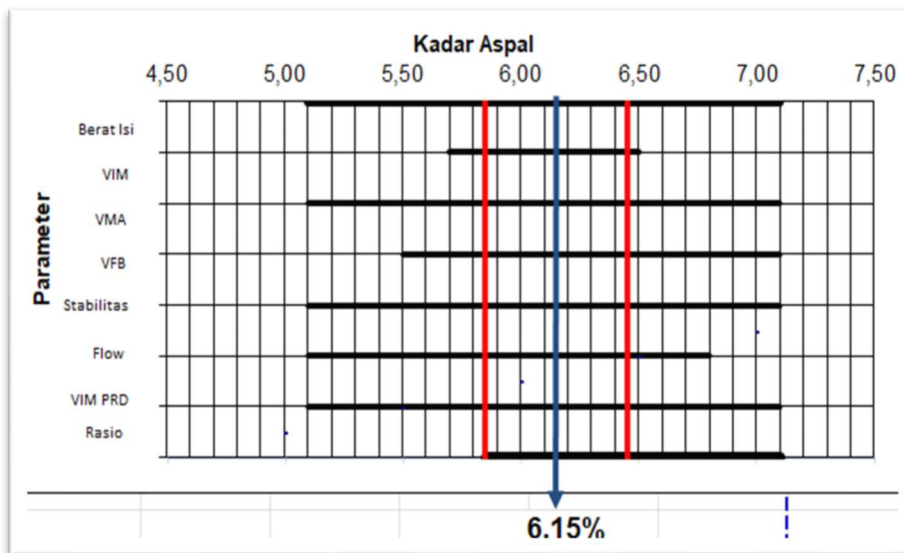
Pada gambar grafik kombinasi dibawah menunjukkan kurva yang berwarna merah merupakan spesifikasi gradasi dan kurva warna biru menunjukkan hasil gradasi. Dari hasil gradasi kombinasi pada kurva menunjukkan hasil pengujian memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 devisi 6.



Gambar 1. Grafik Analisa Saringan Gradasi Gabungan

6. Penentuan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal minyak dengan penetrasi 60/70. Bahan Aspal minyak diperoleh melalui proses destilasi minyak bumi menggunakan pemanasan 350°C dibawah tekanan atmosfer bertujuan memisahkan fraksi – fraksi ringan, seperti gasolin (bensin), kerosene (minyak tanah) dan gas oli. Kadar aspal optimum yang digunakan dalam campuran lapisan Aspal beton (*Laston*) pada pengujian ini sebanyak 6,15%.



Gambar 2. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dari hasil nilai Kadar Aspal Optimum yang didapatkan dari grafik diatas kemudian analisis selanjutnya adalah menghitung variasi proporsi dari setiap rencana persentase penambahan abu cangkang sawit dalam rangka menghasilkan campuran aspal AC-WC Modifikasi. Dapat dilihat pada tabel dibawah ini merupakan hasil komposisi bahan penyusun campuran aspal modifikasi.

Tabel 7

Hasil Analisis Proporsi Variasi Campuran Penambahan Abu Cangkang Sawit

Bahan Penyusun Campuran AC-WC	Persentase Variasi Bahan Tambah Abu Cangkang Sawit Pada Mold		
	1,5 %	2,5 %	3,5 %

		%	gr	%	gr	%	gr
<b>Hot Bin I</b>	Abu Batu	43	484,3	43	484,3	43	484,3
<b>Hot Bin II</b>	0,5 - 1	40	450,5	40	450,5	40	450,5
<b>Hot Bin III</b>	1 - 2	15,5	174,6	14,5	163,3	13,5	152,0
<b>Filler</b>	Cangkang Sawit	1,5	16,9	2,5	28,2	3,5	39,4
<b>Asphalt</b>	60/70	6,15	73,8	6,15	73,8	6,15	73,8

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

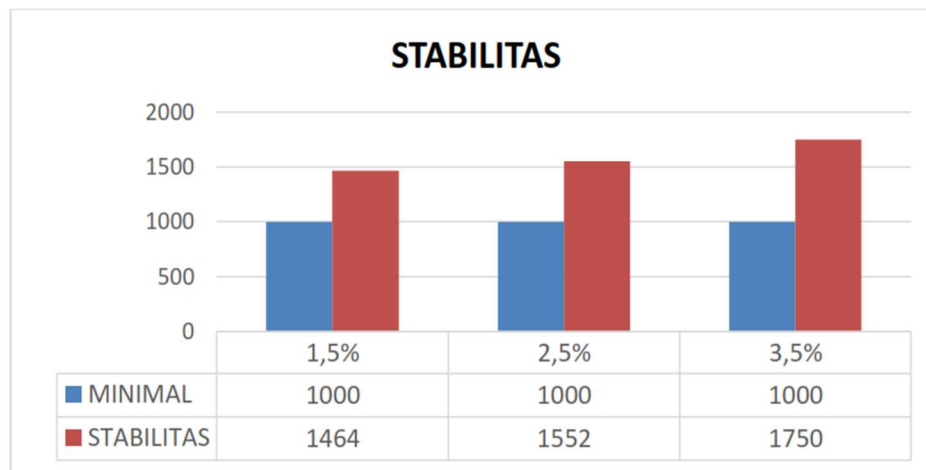
7. Analisis Parameter Kinerja Campuran Aspal

Stabilitas pada lapisan perkerasan jalan merupakan nilai yang menunjukkan kekuatan lapisan perkerasan dalam menerima beban lalu lintas (kendaraan) tanpa terjadi perubahan bentuk tetap (deformasi). Kestabilan yang terlalu tinggi juga kurang baik karena menyebabkan mudah mengalami retak, bersifat kaku serta memiliki durabilitas yang rendah. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk kualitas dan tekstur permukaan gradasi agregat, pengujian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*), kadar aspal dalam campuran.

a. Analisis terhadap Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh gesekan antar butir agregat, sifat saling mengunci antar agregat dalam campuran, bentuk agregat dan tekstur permukaan agregat.

Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas yang tinggi. Mengacu kepada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Div. 6 yaitu nilai minimum *flow* adalah 2 mm dan nilai maksimum 4 mm, maka nilai yang didapatkan tersebut telah memenuhi spesifikasi.

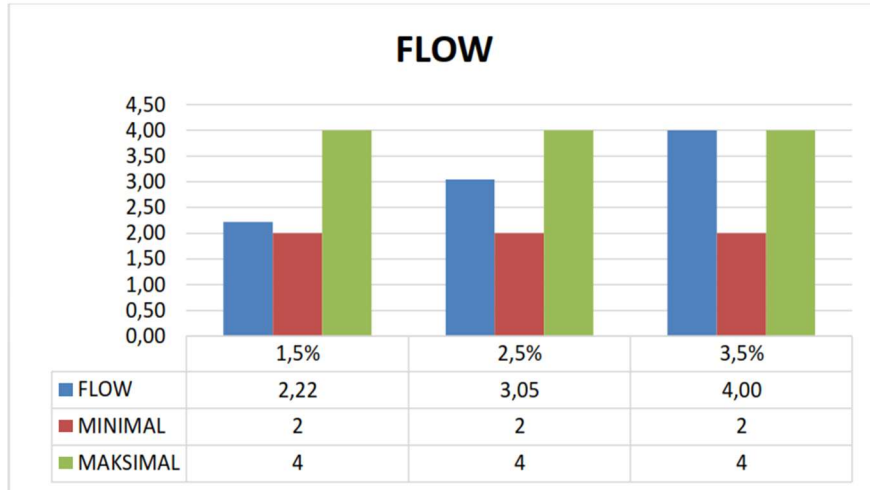


Gambar 3. Hubungan stabilitas terhadap variasi filler 1,5%, 2,5% dan 3,5%

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa nilai stabilitas terus mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kadar filler abu cangkang kelapa sawit. Hal tersebut diakibatkan karena didalam cangkang kelapa sawit mengandung silica sebanyak 61% yang memiliki sifat mengikat sehingga sangat berpengaruh terhadap nilai stabilitas campuran.

b. Analisis Terhadap Flow

Flow atau kelelahan merupakan besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban hingga batas keruntuhan dinyatakan dalam satuan panjang.

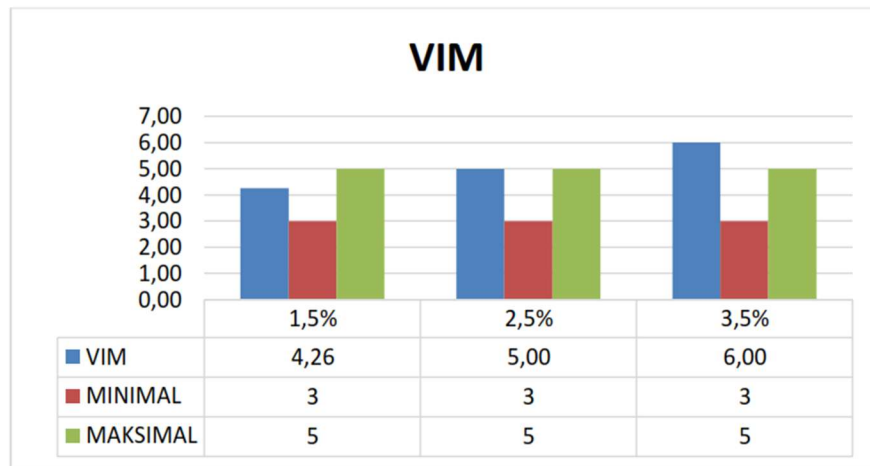


Gambar 4. Hubungan flow terhadap variasi filler 1,5%, 2,5% dan 3,5%

Dari hasil pengujian dilaboratorium yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil flow untuk variasi 1,5% = 2,22 mm, 2,5% = 3,05 mm dan 3,5% = 4,00 mm. Mengacu kepada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Div. 6 yaitu nilai minimum flow adalah 2 mm dan nilai maksimum 4 mm, maka nilai yang didapatkan tersebut telah memenuhi spesifikasi.

c. Analisis Terhadap VIM

Void in mix (VIM) adalah volume rongga yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VIM ini dibutuhkan untuk sebagai tempat bergesernya butir – butir agregat akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas atau sebagai tempat jika aspal meleleh menjadi lunak akibat meningkatnya suhu udara. Nilai VIM yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal akan berkurang kedepannya sehingga oksidasi aspal meningkat yang dapat mempercepat penuaan dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. Sedangkan nilai VIM yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan mengalami bleeding ketika suhu meningkat. Nilai VIM dipengaruhi oleh agregat, kadar aspal dan pemadatan.

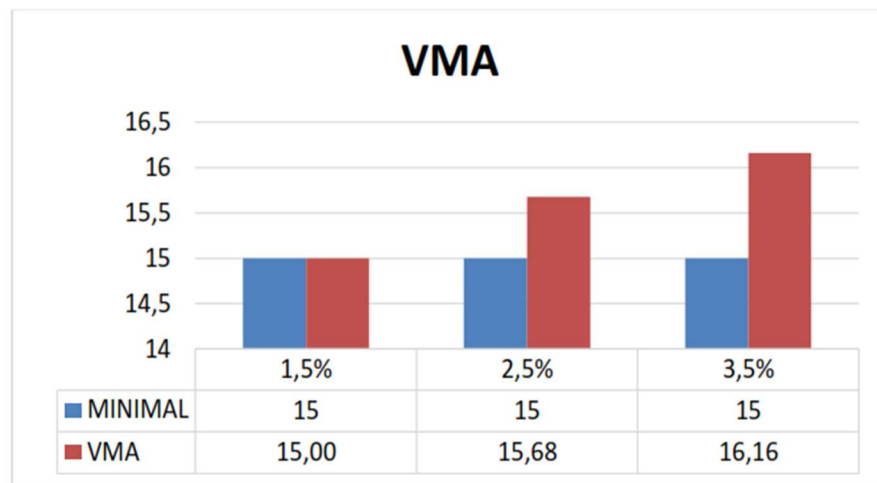


Gambar 5. Hubungan VIM terhadap variasi filler 1,5%, 2,5% dan 3,5%

Grafik diatas memperlihatkan bahwa nilai VIM meningkat seiring dengan penambahan kadar filler abu cangkang kelapa sawit yang artinya rongga pada campuran tersebut semakin rapat.

d. Analisis Terhadap VMA

Void in Minerale Agregat (VMA) adalah volume rongga didalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal ditiadakan. VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. Semakin banyak rongga dalam agregat maka semakin banyak aspal yang diserap oleh agregat dan sebaliknya semakin sedikit rongga dalam agregat semakin sedikit pula aspal yang diserap oleh agregat.

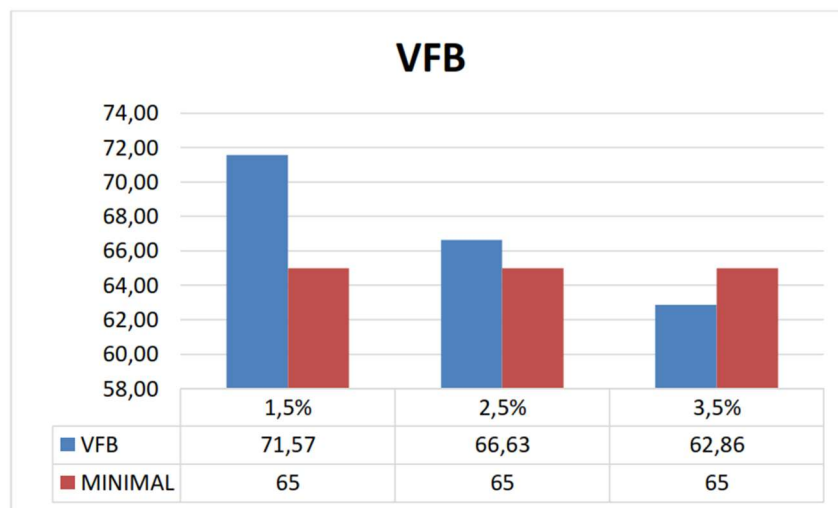


Gambar 6. Hubungan VMA terhadap variasi filler 1,5%, 2,5% dan 3,5%

Grafik diatas memperlihatkan bahwa nilai VMA terus meningkat seiring penambahan kadar filler abu cangkang kelapa sawit. Nilai VMA tersebut dipengaruhi oleh gradasi dari agregat. Agregat yang bergradasi senjang akan memberika nilai VMA yang besar dan begitupun sebaliknya. Nilai VMA yang besar dalam agregat menyebabkan besar pula ruang yang tersedia untuk diselimuti oleh aspal. Mengacu kepada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Div. 6, nilai minimum untuk VIM adalah 15% maka nilai yang didapatkan telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

e. Analisis Terhadap VFB

Void filled with bitumen (VFB) merupakan volume rongga antara agregat dari beton aspal padat yang terisi oleh aspal, biasa disebut juga dengan volume film atau selimut aspal. Besarnya nilai VFB menentukan tingkat keawetan suatu campuran. Selimut aspal yang tebal akan membungkus agregat secara homogen, sehingga beton aspal akan lebih kedap air. Sebaliknya semakin tipis selimut aspal mengakibatkan beton aspal semakin mudah bleeding (naiknya aspal kepermukaan jalan) yang mengakibatkan jalan semakin licin.

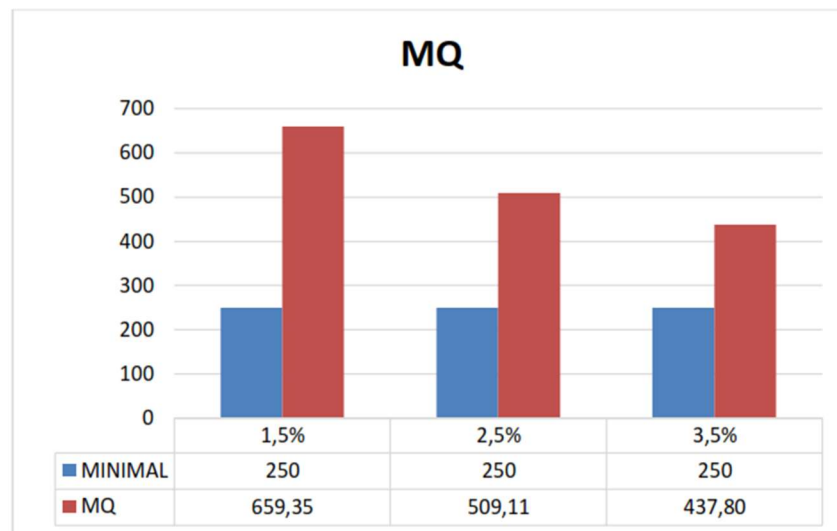


Gambar 7. Hubungan VFB terhadap variasi filler 1,5%, 2,5% dan 3,5%

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka didapatkan nilai untuk VFB pada variasi 1,5% = 71,57%, 2,5% = 66,63% dan 3,5% = 62,86 %. Nilai VFB mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar abu cangkang sawit. Artinya, aspal yang mengisi rongga pada campuran semakin sedikit. Mengacu kepada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Div. 6, nilai minimum untuk VFB adalah 65% maka nilai yang didapatkan pada variasi 1,5% dan 2,5% telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan sedangkan variasi 3,5% tidak memenuhi spesifikasi.

## f. Analisis Terhadap MQ

*Marshall Quotion* (MQ) hasil bagi antara stabilitas kelehan (*flow*). Semakin besar MQ maka campuran akan ber namun sebaliknya semakin kecil MQ maka lapisan akan lentur/plastis. 2018 pada div.6. Dapat dilihat bahwa nilai MQ mengalami penurunan seiring penambahan variasi *filler* abu cangkang kelapa sawit yang menunjukkan bahwa perkerasan tersebut bersifat lebih lentur.



**Gambar 8.** Hubungan MQ terhadap variasi *filler* 1,5%, 2,5% dan 3,5%

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka didapatkan nilai untuk MQ pada variasi 1,5% = 659,35 (Kg/mm), 2,5% = 509,11 (Kg/mm) dan 3,5% = 437,80 (Kg/mm). Nilai yang semakin menurun seiring dengan penambahan kadar abu cangkang sawit menunjukkan bahwa perkerasan tersebut bersifat lebih lentur.

Dari hasil analisis perhitungan kinerja campuran aspal modifikasi diatas, kiranya perlu dibuatkan dalam bentuk Matriks Perbandingan Hasil Kinerja Campuran Aspal Modifikasi Lapisan AC-WC menggunakan campuran abu cangkang sawit dan perbandingannya dengan campuran normal (tanpa menggunakan abu cangkang sawit/konvensional) untuk melihat perbandingan dari kondisi keduanya.

**Tabel 8**

Perbandingan Nilai Hasil Analisis Kinerja Campuran Aspal AC-WC

Paramater Kinerja Campuran	Min Spesifikasi	Kadar Variasi <i>Filler</i> (%)				Keterangan
		0 %	1,5%	2,5%	3,5%	
<b>Stabilitas</b>	1000 (kg)	1418	1464	1552	1750	Memenuhi
<b>Flow</b>	2-4 (mm)	3,33	2,22	3,05	4,00	Memenuhi
<b>VIM</b>	3-5 (%)	4,73	4,26	5,00	6,00	Tidak Memenuhi
<b>VMA</b>	15 (%)	16,73	15,00	15,68	16,16	Memenuhi
<b>VFB</b>	65 (%)	71,74	71,57	66,63	62,86	Tidak Memenuhi
<b>MQ</b>	250 (kg/mm)	425,83	659,41	509,02	437,78	Memenuhi

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Matriks rekapitulasi analisis marshall diatas menunjukkan perbandingan antara campuran normal dengan variasi *filler* menggunakan abu cangkang kelapa sawit. Dapat dilihat pada nilai Stabilitas, Flow dan MQ pada campuran normal lebih rendah dibanding dengan menggunakan variasi *filler*. Sedangkan pada nilai VMA dan VFB pada campuran normal lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan variasi *filler*. Berdasarkan data tersebut, dapat dilihat nilai VIM dan VFB pada variasi *filler* 3,5% tidak memenuhi batas maksimal spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Bina Marga 2018 div. 6. Dari hasil analisis penulis, kadar *filler* optimum abu cangkang kelapa sawit terdapat pada variasi 2%.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penjabaran diatas, pada nilai Stabilitas, Flow, VIM dan VMA terjadi peningkatan seiring dengan penambahan *filler* abu cangkang kelapa sawit. Sedangkan nilai VFB dan MQ mengalami penurunan seiring dengan penambahan *filler*. Hal

tersebut tidak berakibat fatal pada campuran selama nilai yang didapatkan masih memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Merujuk dari hasil pengujian dan analisis data dengan kadar aspal yang digunakan sebesar 6,15%, didapatkan bahwa nilai VIM dan VFB tidak memenuhi spesifikasi pada variasi *filler* 3,5%. Nilai analisis VIM dan VFB yang tidak memenuhi spesifikasi tersebut dapat mempengaruhi kualitas suatu campuran, mulai dari segi pori dan keawetan suatu campuran. Sedangkan ada variasi 1,5% dan 2,5% telah memenuhi spesifikasi umum Bina Marga tahun 2018 div 6 pada tabel ketentuan sifat – sifat campuran laston modifikasi sehingga dapat digunakan sebagai campuran aspal pada lapisan AC– WC. Selain itu, juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat dari limbah abu cangkang kelapa sawit yang semakin melimpah.

## 5. Saran

Saran yang dapat diberikan dalam rangka pengembangan penelitian ini, yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan filler abu cangkang kelapa sawit pada perendaman marshall 24 Jam. Hal tersebut diperuntukkan pada daerah dengan Tingkat curah hujan tinggi.
2. Dari hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi petunjuk kepada pengguna jasa yang bergerak pada bidang jasa konstruksi, khususnya perkerasan jalan raya agar kedepannya, cangkang kelapa sawit dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin sehingga membantu mengurangi limbah dari hasil olahan perusahaan kelapa sawit.

## Referensi

- Ahdiat, A. (2023, May 11). *Provinsi Penghasil Kelapa Sawit Terbesar pada 2022*. Katadata Media Network. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/05/11/ini-provinsi-penghasil-kelapa-sawit-terbesar-pada-2022>
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Produksi Tanaman Perkebunan*. Badan Pusat Statistik Sulawesi Barat. <https://sulbar.bps.go.id/indicator/54/337/1/produksi-tanaman-perkebunan-menurut-kabupaten.html>
- DIREKTORAT BINA TEKNIK JALAN DAN JEMBATAN - Kementerian PUPR. (n.d.). *Teknologi Aspal Karet*. Retrieved May 29, 2023, from [http://www.pusjatan.pu.go.id/index1.php/produk/litbang\\_detail/teknologi-aspal-karet](http://www.pusjatan.pu.go.id/index1.php/produk/litbang_detail/teknologi-aspal-karet)
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, Revisi 2*, 6.1-6.104.
- Manauh, K., Badami, M. G., & El-Geneidy, A. M. (2015). Integrating social equity into urban transportation planning: A critical evaluation of equity objectives and measures in transportation plans in north america. *Transport Policy*, 37, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.09.013>
- Riyandanu, F. M. (2023, April 15). *16 Juta Metrik Kubik Biogas Limbah Sawit RI jadi Pembangkit Listrik*. Katadata. <https://katadata.co.id/syahrizalsidik/ekonomi-hijau/643a584c82103/16-juta-metrik-kubik-biogas-limbah-sawit-ri-jadi-pembangkit-listrik>
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.