

# Analisis Karakteristik Marshall Campuran Aspal Modifikasi pada *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)* dengan Penambahan Serbuk Ban Kendaraan

Manda Tri Putra <sup>[1]\*</sup>, Henggar Risa Destania <sup>[2]</sup>, Febryandi <sup>[3]</sup>

<sup>[1]</sup> *Department of Civil Engineering, Universitas Indo Global Mandiri, Palembang, 30129, Indonesia*

Email: Email: [mandaputra769@gmail.com](mailto:mandaputra769@gmail.com), [henggarrisa@uigm.ac.id](mailto:henggarrisa@uigm.ac.id), [febryandialfuady@gmail.ac.id](mailto:febryandialfuady@gmail.ac.id)

\*) Correspondent Author

Received: 15 October 2022; Revised: 20 March 2023; Accepted: 14 April 2023

## How to cited this article:

Putra, M.T., Destania, H.R., Febryandi (2023). Analisis Karakteristik Marshall Campuran Aspal Modifikasi pada *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)* dengan Penambahan Serbuk Ban Kendaraan. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(2), 335–350.  
<https://doi.org/10.28932/jts.v19i2.5580>

## ABSTRAK

Jalan adalah prasarana transportasi yang menunjang pertumbuhan ekonomi dan memegang peranan yang sangat penting dalam kemajuan dan pembangunan suatu wilayah. Aspal berfungsi sebagai pengikat dalam campuran aspal, sehingga menjaga daya cengkeram, kelembutan dan kelenturannya menjadi penting. Penambahan aditif aspal merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk mempertahankan atau meningkatkan daya cengkeram, kelembutan dan kelenturan aspal. Ban kendaraan bermotor bekas dibuat dari berbagai bahan seperti karet alam, *neoprene*, bahan kimia, karbon hitam dan oli tertentu. Sifat karet adalah tahan lama dan lentur atau elastis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)* menggunakan aspal modifikasi *wheel powder* dengan variasi 1% dan 2%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil analisis data parametrik untuk masing-masing KAO, nilai optimal adalah 6,18 dari KAO aspal dengan penambahan 1% serbuk ban karet. Nilai parameternya adalah VIM 4,61%, VMA 18,52%, VFA 75,31%, Stabilitas 1459 kg dan Flow 2,95.

**Kata kunci:** *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)*, Kadar Aspal Optimum, Serbuk Ban Kendaraan, Stabilitas Marshall.

**ABSTRACT.** *Marshall Characteristics Analysis of Modified Asphalt Mixtures for Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) with Addition of Vehicle Tire Powder. Roads are the infrastructure that sustains the growth of the economy and plays a very important role in the progress and development of a region. Asphalt functions as a binder in asphalt mixes, making it important to maintain its stickiness, softness, and pliability. Adding additives to asphalt is an alternative that can be used to maintain or increase the grip, soft point, and flexibility of the asphalt. Used motor vehicle tires are made from a variety of materials such as natural rubber, neoprene, chemicals, carbon black and certain oils. The characteristic of rubber is that it is durable and flexible or elastic. This study aimed to determine the value of Optimum Asphalt Content (KAO) in AC-WC mix using modified bitumen with wheel powder with 1% and 2% variations. The results of this study show the results of parametric data analysis for each KAO that the optimum value of the 3 KAOs is 6.18% with the addition of 1% asphalt + rubber tire powder. The parameter values are VIM 4.61%, VMA 18.52%, VFA 75.31%, Stability 1459 kg, and Flow 2.95 mm.*

**Keywords:** *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)*, Marshall Stability, Optimum Asphalt Content Vehicle Tire Powder.

## 1. PENDAHULUAN

Jalan raya sebagai prasarana transportasi berperan sangat penting dalam menunjang pertumbuhan ekonomi dan pembangunan suatu wilayah. Aspal merupakan bahan campuran lapisan permukaan jalan raya. Aspal yang berfungsi sebagai pengikat sangat penting dijaga daya cengkeram, kelembutan dan kelenturannya. Penambahan aditif aspal merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk mempertahankan atau meningkatkan daya cengkeram, kelembutan dan kelenturan aspal.

Banyak penelitian yang dilakukan untuk menambah daya lekat dan kekentalan aspal antara lain penggunaan bahan lateks/karet. Penggunaan bahan tambahan dapat memberikan kekuatan lebih bagi suatu lapisan permukaan jalan

Ban dalam kendaraan adalah karet alam yang telah melalui proses pembuatan dengan tambahan campuran tertentu seperti *neoprene*, bahan kimia lainnya, karbon hitam dan beberapa minyak. Memiliki sifat kuat dan lentur/elastis, yang selanjutnya bahan dicetak sebagai ban untuk roda kendaraan bermotor.

Penambahan campuran ban dalam bekas sebagai bahan tambahan pada campuran aspal diharapkan dapat meminimalkan retak pada perkerasan akibat defleksi yang berlebihan dan retak akibat kelelahan fisik.

Dengan latar belakang yang telah disebutkan, penelitian ini bertujuan:

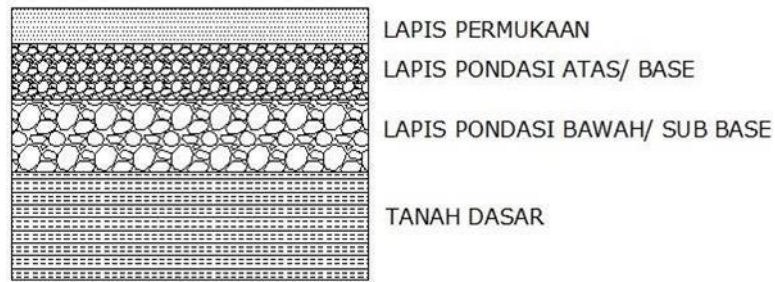
1. Mengetahui efek penambahan serbuk karet ban terhadap karakteristik *Marshall* campuran aspal modifikasi pada *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC – WC) dengan variasi 1% dan 2 %.
2. Mengetahui nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran AC – WC menggunakan aspal modifikasi dengan serbuk karet ban dengan variasi 1 % dan 2 %.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur yang terkait dengan teori dan penelitian-penelitian terdahulu, dilanjutkan dengan melakukan pengujian di laboratorium.

### 2.1. Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur adalah jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Konstruksi perkerasan lentur seperti pada Gambar 1, terdiri dari 4 lapisan yaitu lapisan permukaan, lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah dan lapisan tanah dasar. Setiap lapisan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar (Sukirman, 2010).



**Gambar 1.** Kontruksi Perkerasan Lentur

## 2.2. Lapis Aspal Beton (Laston)

Aspal beton terbagi tiga jenis:

1. Lapisan keausan akhir, juga dikenal sebagai lapisan keausan beton aspal/*Asphalt Concrete – Wearing Coarse* (AC – WC) yang merupakan lapisan pada bagian teratas, berfungsi sebagai lapisan keausan, lapisan landasan dan elemen bantalan.
2. Lapisan perekat terakhir, juga dikenal sebagai lapisan aspal (AC - BC), yang merupakan lapisan setelah AC – WC dengan fungsi menyalurkan muatan yang diterimanya.
3. Laston *subfloor*, juga dikenal sebagai *Asphalt Concrete Base* (AC - Base), yang merupakan lapisan bawah. Lapisan ini berperan penting dalam menopang lapisan permukaan, mengurangi tegangan, deformasi desain dan mentransfer beban ke lapisan pondasi.

## 2.3. Bahan Ban Dalam Kendaraan

Serbuk ban dalam kendaraan seperti pada Gambar 2. Ban biasanya adalah komposit karet alam/karet isoprena digunakan pada ban truk, dinding samping, panel bodi dan pelapis interior kendaraan. Ban bekas terbuat dari jaring holografik atau karet alam dan *neoprene cross-linked*, diperkuat dengan karbon hitam dan menyerap oli encer.



**Gambar 2.** Serbuk Ban Dalam Kendaraan

## 2.4. Metode Marshall Test

*Marshall Test* merupakan tes wajib untuk pengujian campuran aspal, guna mengetahui

dan memenuhi sifat aspal sesuai yang diharapkan (Soehartono, 2015). Dari tes *Marshall* akan diketahui berapa persen kandungan aspal yang diperlukan untuk gradasi batuan yang telah direncanakan untuk menghasilkan kuat tekan optimum dari benda uji yang telah direndam selama 1 jam pada suhu 60°C. Disebut juga dengan stabilitas *Marshall* atau *static stability test* yang dinyatakan dalam kg.

*Marshall Test* atau pengujian *Marshall* merupakan metode yang bertujuan untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan menggunakan *Marshall Test Machine* (Hardiyatmo, 2015). Kadar Aspal Optimum adalah persen aspal yang memenuhi kriteria campuran untuk prosedur perancangan stabilitas *Marshall*. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN dan *flow meter* (Sukirman, 2016).

Dari pengujian *Marshall* didapatkan parameter dari campuran aspal.

1. Stabilitas (*Stability*)

Nilai stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun *bleeding*. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh kohesi aspal, kadar aspal, gesekan (*internal friction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) dari partikel- partikel agregat, bentuk, dan tekstur permukaan gradasi agregat.

2. Kelelahan (*Flow*)

Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, distribusi agregat, dan temperature pemadatan. Campuran yang mempunyai nilai kelelahan relatif rendah pada kadar aspal optimum biasanya memiliki daya tahan deformasi yang lebih baik. Sedangkan nilai *flow* yang besar cenderung akan mengakibatkan campuran tersebut bersifat lentur (*flexible*) sehingga membuat butiran menjadi lebih mudah tergeser saat terjadinya deformasi. Nilai *flow* yang rendah bila dikombinasikan dengan stabilitas yang tinggi, menunjukkan campuran tersebut peka terhadap keretakan. Kecenderungan nilai kelelahan akan naik seiring dengan penambahan persentase kadar aspal.

3. *Marshall Quotient* (MQ)

*Marshall Quotient* (MQ) adalah nilai pendekatan yang hampir menunjukkan nilai kekakuan suatu campuran beraspal dalam menerima beban. Nilai MQ diperoleh dari perbandingan antara nilai stabilitas yang telah dikoreksi terhadap nilai kelelahan (*flow*) seperti pada Persamaan 1 dan dinyatakan dalam satuan Kg/mm atau kN/mm.

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} \quad (1)$$

4. *Void in Mixture* (VIM)

VIM merupakan persentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan, dihitung menggunakan Persamaan 2. Nilai VIM berhubungan dengan keawetan campuran. Apabila nilai VIM terlalu tinggi, campuran akan rapuh sehingga mempunyai kecenderungan retak sejak dini. Sedangkan nilai VIM yang rendah dapat meningkatkan ketahanan campuran terhadap pengerasan aspal. Tetapi apabila nilai VIM terlalu kecil akan menyebabkan campuran tidak stabil dan terjadi kemungkinan kelelahan plastis yang lebih besar disebabkan tidak tersedianya ruang yang cukup untuk menampung ekspansi aspal akibat pemadatan lanjutan oleh lalu lintas dan ketika aspal meleleh akibat kenaikan temperature perkerasan pada masa layan, sehingga perlu dibatasi adanya nilai VIM yaitu sekitar 3% - 5%.

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad (2)$$

5. *Void in Mineral Aggregate* (VMA)

VMA atau nilai rongga dalam agregat, merupakan persentase rongga yang ada di antara butir agregat dalam campuran aspal yang dinyatakan dalam (%) terhadap volume campuran aspal. VMA adalah pori untuk menampung aspal yang melapisi permukaan agregat. Perhitungan menggunakan Persamaan 3.

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad (3)$$

6. *Void Filled with Asphalt* (VFA)

VFA atau rongga terisi aspal merupakan persentase dari nilai VMA setelah dikurangi VIM atau disebut juga kandungan aspal efektif. Besaran nilai VFA berpengaruh terhadap keawetan dari campuran beraspal. Faktor- faktor yang mempengaruhi antara lain: kadar aspal, gradasi agregat, energi pemadatan dan pemanasan aspal. Perhitungan VFA menggunakan Persamaan 4.

$$VFA = 100 \frac{VMA - VIM}{VMA} \quad (4)$$

## 2.5. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menjadi salah satu acuan yang dapat memperkaya teori untuk digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan.

Penelitian oleh Andika Budi Trisianto (2011) Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang tentang Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban Luar terhadap Karakteristik Marshall pada Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) Kelas B. Hasil pengujian campuran aspal latasir B dengan penambahan limbah karet ban luar menghasilkan kadar karet optimum 3,8 % dari kadar aspal 8,2 %. Berdasarkan kadar karet optimum tersebut, proporsi limbah karet ban luar 0,312 % dan aspal 7,89 %. Diketahui ekivalen proporsi campuran nominal dan kualitas

campuran aspal latasir B: agregat kasar 15,30 %, abu batu 32,67%, pasir alam 38,35%, bahan pengisi 5,48% dan aspal 7,89% serta karet 0,312%. Adapun karakteristik campuran aspal latasir B dengan penambahan limbah karet ban luar pada kadar karet 3,8 %: *Marshall Stability* 950 kg, *Marshall Quotient* 4,1 kN/mm, *Air Voids* 3,5 % dan *Film Thickness* 8  $\mu$ m.

Penelitian yang dilakukan oleh Farlin Rosyad, Niko Prastyo, dan Mudiono Kasmuri (2019) Fakultas Teknik Universitas Bina Darma Palembang tentang Analisis Pengaruh Limbah Karet terhadap Durabilitas dan Fleksibilitas Aspal Beton (AC - WC). Penelitian ini menggunakan persentase campuran limbah karet 6%, 8% dan 10%. Pada campuran normal didapat nilai stabilitas Marshall sisa sebesar 94,84% dan *Marshall Quotient* (MQ) sebesar 311,44 kg/mm. Pada campuran limbah karet 6% didapat nilai stabilitas Marshall sisa sebesar 93,68 % dan *Marshall Quotient* (MQ) sebesar 272,20 kg/mm. Pada campuran limbah karet 8% didapat nilai stabilitas Marshall sisa sebesar 93,65 % dan *Marshall Quotient* (MQ) sebesar 260,25 kg/mm. Pada campuran limbah karet 10% didapat nilai stabilitas Marshall sisa sebesar 93,62 % dan *Marshall Quotient* (MQ) sebesar 251,55 kg/mm.

## 2.6. Pengujian Laboratorium

Pengujian dilakukan di Laboratorium PT. Hakaaston Keramasan, Kec.Kertapati, Kota Palembang, Sumatera Selatan berupa pengujian kinerja limbah karet ban dalam kendaraan terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran AC - WC. Spesifikasi yang digunakan sebagai acuan adalah Standar Nasional Indonesia (SNI) yang terkait dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi III (Aspal Modifikasi).

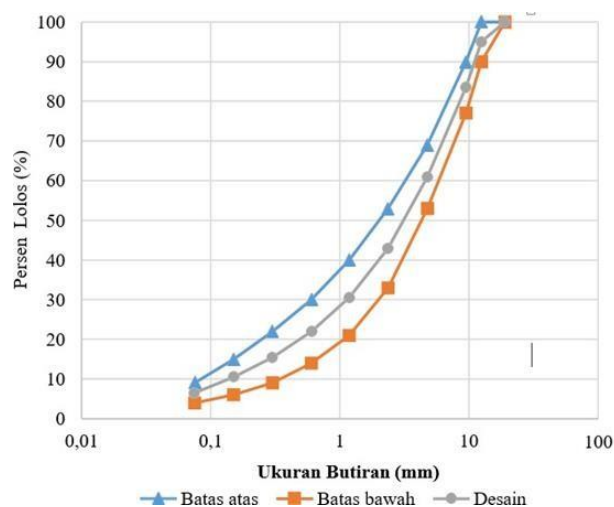
1. Persiapan material.
  - a. Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah 1/2 dan 1/1 dari PT.Surya Cipta Dipa (Bandar Lampung).
  - b. Agregat halus yang digunakan berupa batu pecah 1/1 dan abu batu dari PT.Surya Cipta Dipa (Bandar Lampung),
  - c. Aspal dengan penetrasi 60/70 merk Shell.
  - d. Bahan tambah limbah ban dalam kendaran berasal dari bengkel yang dipotong dengan ukuran 2,36 mm.
2. Persiapan alat.
  - a. Satu set ayakan/saringan agregat dan timbangan.
  - b. Piknometer.
  - c. Mesin *Los Angeles*.
  - d. Gelas ukur /bejana.
  - e. Penetrometer.
  - f. Alat *ring and ball*.

- g. Alat *Cleveland Open Cup*.
  - h. Alat daktilometer.
  - i. Termometer.
  - j. Alat pengaduk.
  - k. Kompor.
  - l. *Mold* dan alat penumbuk benda uji.
  - m. Alat *Marshall*.
  - n. *Water bath* (bak perendam).
3. Perhitungan Kadar Aspal Rencana

Perhitungan kadar aspal rencana (*Desain Mix Formula - DMF*) diawali dengan pemeriksaan agregat, aspal dan *filler*. Selanjutnya dihitung perkiraan kadar aspal untuk menentukan KAO (Kadar Aspal Optimal). Hasil pengujian agregat seperti pada Tabel 1 dan Gambar 3.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Agregat

Ukuran Ayakan		% Lolos			Berat Tertahan (%)	Satuan
		Bawah	Nilai Tengah	Atas		
ASTM	(mm)					
¾"	19,00	100	100	100	0	39
½"	12,50	90	95,0	100	5,0	
3/8"	9,500	77	83,5	90	11,5	
No.4	4,750	53	61,0	69	22,5	
No.8	2,360	33	43,0	53	18,0	39
No.16	1,180	21	30,5	40	12,5	
No.30	0,600	14	22,0	30	8,5	
No.50	0,300	9	15,5	22	6,5	15,5
No.100	0,150	6	10,5	15	5,0	
No.200	0,075	4	6,5	9	4,0	
<i>Filler</i>					6,5	6,5
Total					100	100



**Gambar 3.** Kurva Gradasi Agregat AC-WC

Perhitungan *Desain Mix Formula* (DMF) untuk agregat:

$$CA = 39$$

$$FA = 54,5$$

$$Filler = 6,5$$

$$Pb = 0,035 (CA) + 0,045 (FA) + 0,18 (Filler) + K$$

$$Pb = 0,035 (39) + 0,045 (54,5) + 0,18 (6,5) + 1 = 5,99 \approx 6$$

$$Pb = 6\%$$

Dari perhitungan gradasi agregat dan perhitungan kadar aspal rencana (DMF), dihasilkan

Pb sebesar 6%. Untuk hasil pemeriksaan aspal terdapat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Variasi Kadar Aspal Rencana

No	Pengurangan (%)		Kadar aspal rencana	Penambahan (%)	
1.	-1,0	-0,5	Pb	+0,5	+0,1
2.	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0

### 3. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian bermaksud untuk mengetahui kelayakan agregat kasar maupun agregat halus, yang akan digunakan sebagai bahan baku campuran aspal. Pengujian gabungan meliputi analisis ayakan, uji berat jenis agregat kasar, uji berat jenis agregat halus, uji daya rekat aspal, uji keausan agregat, sesuai dengan persyaratan. Hasil pengujian terdapat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Parameter Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi
1	Pengujian keausan 100 putaran	3,56 %	max. 6 %
2	Pengujian keausan 500 putaran	16,33 %	max. 30 %
3	Pengujian berat jenis agregat 20-30:		
	Berat jenis massal	2,75	2,50
	Berat jenis SSD	2,77	2,50
	Berat jenis kontak	2,80	2,50
	Absorbansi	0,57%	max. 3 %
4	Pengujian berat jenis agregat 10-20:		
	Berat jenis massal	2,75	2,50
	Berat jenis SSD	2,77	2,50
	Berat jenis kontak	2,82	2,50
	Absorbansi	0,93 %	max. 3 %
5	Pengujian Berat Jenis agregat 10-10:		
	Berat jenis massal	2,74	2,50
	Berat jenis SSD	2,77	2,50
	Berat jenis kontak	2,81	2,50
	Absorbansi	0,95 %	max. 3 %
6	Pengujian kepipihan agregat 20-30	5,18 %	max. 10 %
7	Pengujian kelonjongan agregat 10-20	5,00 %	max. 10 %
8	Pengujian kekekalan agregat	3,20 %	max. 12 %



**Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar (Lanjutan)**

No	Parameter Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi
9	Pengujian kelekatan terhadap aspal	> 95 %	> 95 %
10	Pengujian angularitas:		
	Satu bidang pecah atau lebih	96,81 %	≥ 95/90
	Dua bidang pecah atau lebih	94,89 %	
11	Lolos saringan no.200 agregat 10-20 mm	0,28 %	max. 1%

**Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Halus**

No	Parameter Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi
1	Pengujian berat jenis agregat 0-5 mm:		
	Berat jenis massal	2,69	2,50
	Berat jenis SSD	2,73	2,50
	Berat jenis kontak	2,81	2,50
	Absorbansi	1,68 %	max. 3 %
2	Pengujian material lolos saringan No.200	8,07 %	max. 10 %
3	Pengujian sand equivalent	87,58 %	min. 65 %
4	Pengujian angularitas	48,21 %	min. 45 %
5	Pengujian gumpalan lempung	1,33 %	max. 1 %

### 3.2. Hasil Pengujian Aspal

Pengujian aspal dengan hasil pada Tabel 5 dilakukan untuk mengetahui viabilitas aspal yang digunakan dalam campuran aspal, meliputi uji titik nyala dan titik api, uji titik lembek, uji berat jenis, uji penetrasi dan uji plastisitas, uji kelarutan.

**Tabel 5. Hasil Pengujian Aspal**

No	Jenis Pengujian	Standar	Satuan	Hasil	Spesifikasi
1	Pentrasi pada suhu 25°C	SNI 2456 - 2011	0,1 mm	62,5	60 - 70
2	Titik nyala	SNI 2433-2011	°C	235,5	
3	Titik bakar			256	
4	Titik pelunakan	SNI 2434-2011	°C	50,9	> 50
5	Densitas	SNI 2441-2011		1,033	> 1
6	Temperatur plastisitas 25°C	SNI 2432-2011	Cm	>110	> 100
	Kelarutan dalam TCF	AASTHOT 44-14	% Berat	99,88	> 99
7	Viskositas kinematis suhu 120°C	ASTN 02170 10	Cst C	859	> 300
	Viskositas kinematis suhu 135°C			490	
	Viskositas kinematis suhu 140°C			220	
	Viskositas kinematis suhu 160°C			102	
	Viskositas kinematis suhu 60°C				
8	Suhu pencampuran			150	
	Suhu pemadatan			141	
9	Kadar Parifin	SNI 03-3739-2002	%	0,195	< 2
	Pengujian residu hasil TFOT:				
10	Berat yang hilang	SNI 06 2440	% Berat	0,063	
11	Daktilitas suhu 25°C	SNI 2432-2011	Cm	>110	> 110
12	Penetrasi pada suhu 25°C	SNI 2456-2011	0,1 mm	55,5	> 54
13	% Penetrasi sebelum dan sesudah	SNI 2456-2011	%	88	
14	Kelekatan terhadap agregat	SNI 03-2439-1991	%	97,5	> 95
15	Titik lembek	SNI 2434-2011	°C	53,1	> 50

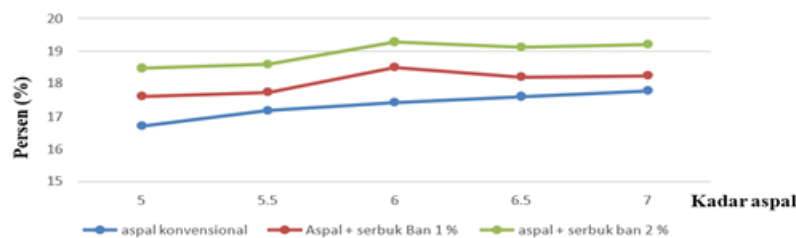
### 3.3. Hasil Pengujian Marshall

#### 3.3.1. Void in Mineral Aggregate (VMA)

Void in Mineral Aggregate (VMA) adalah rongga udara yang ada di antara agregat dalam pembentukan campuran panas, termasuk ruang yang diisi dengan bitumen. Hasil pengujian seperti pada Tabel 6 dengan kurva rata-rata pada Gambar 4.

**Tabel 6.** Hasil Pengujian VMA

KadarAspal	VMA min. 15 %		
	Aspal Konvensional	Aspal + Serbuk Ban 1%	Aspal + Serbuk Ban 2%
5	16,60	18,63	18,33
5	16,85	16,63	18,65
Rata - rata	16,72	17,63	18,49
5,5	17,15	17,71	18,40
5,5	17,26	17,82	18,83
Rata - rata	17,20	17,76	18,61
6	16,87	17,64	19,37
6	18,01	19,40	19,21
Rata - rata	17,44	18,52	19,29
6,5	17,61	17,25	18,02
6,5	17,63	19,18	20,25
Rata - rata	17,62	18,22	19,13
7	17,88	18,28	19,06
7	17,71	18,24	19,36
Rata - rata	17,80	18,26	19,21



**Gambar 4.** Kurva Rata-rata VMA

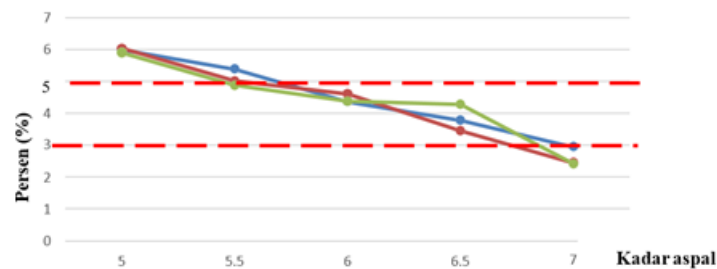
Grafik VMA berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 3 menunjukkan bahwa setiap benda uji kadar aspal 5% sampai dengan kadar aspal 7% dari aspal konvensional, aspal dengan tambahan serbuk ban 1% dan 2% memiliki VMA yang diizinkan yaitu minimal 15%. Nilai VMA tertinggi pada aspal konvensional terjadi pada kadar aspal 7% dan nilai VMA terendah pada kadar aspal 5%. Untuk aspal dengan tambahan serbuk ban 1% dan 2% nilai VMA tertinggi pada kadar aspal 6% dan terendah terdapat pada kadar aspal 5%.

#### 3.3.2. Void in Mix (VIM)

Void in Mix (VIM) adalah jumlah void dalam campuran yang dinyatakan dalam persentase. VIM hasil pengujian terdapat pada Tabel 7 dan kurva rata-rata Gambar 5.

**Tabel 7.** Hasil Pengujian VIM

KadarAspal	VIM 3% - 5 %		
	Aspal Konvensional	Aspal + Serbuk Ban 1%	Aspal + Serbuk Ban 2%
5	5,85	7,17	5,71
5	6,14	4,89	6,09
Rata - rata	6,00	6,03	5,90
5,5	5,32	4,96	4,63
5,5	5,45	5,09	5,13
Rata - rata	5,39	5,02	4,88
6	3,71	3,58	4,47
6	5,03	5,64	4,29
Rata - rata	4,37	4,61	4,38
6,5	3,78	2,32	3,84
6,5	3,80	4,60	4,72
Rata - rata	3,79	3,46	4,28
7	3,06	2,49	2,24
7	2,86	2,44	2,60
Rata - rata	2,96	2,46	2,42



**Gambar 5.** Kurva Rata-rata VIM

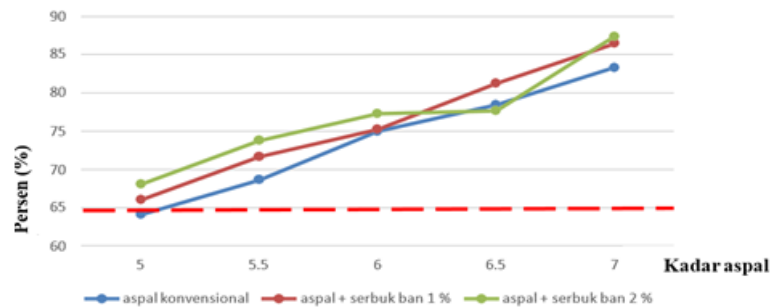
Grafik VIM dengan lima variasi kadar aspal, pada 5,0 % dan 7% dari aspal konvensional, aspal + serbuk ban 1% dan 2 % tidak memiliki nilai yang diizinkan. Untuk kadar aspal 5,5 % - 6,5 % memiliki nilai yang diizinkan menurut Bina Marga 2018 revisi 3 yaitu 3% - 5%.

### 3.3.3. Void Filled Asphalt (VFA)

*Void Filled Asphalt* (VFA) adalah persentase rongga udara yang terisi aspal dalam campuran yang dipadatkan. Nilai VFA mewakili sifat kedap air dan udara, serta sifat elastis campuran. VFA hasil pengujian terdapat pada Tabel 8 dan kurva rata-rata pada Gambar 6. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 3, pengujian dengan lima variasi kadar aspal dari aspal konvensional, aspal + serbuk ban 1% dan 2% memenuhi standar yang diizinkan yaitu dengan nilai VFA min 65 %. Untuk kadar aspal 5 % pada aspal konvensional tidak memenuhi standar yang diizinkan dengan nilai VFA 64,15.

**Tabel 8.** Hasil Pengujian VFA

KadarAspal	VFA min. 65 %		
	Aspal Konvensional	Aspal + Serbuk Ban 1%	Aspal + Serbuk Ban 2%
5	64,74	61,52	68,82
5	63,57	70,60	67,33
Rata - rata	64,15	66,06	68,08
5,5	68,96	72,00	74,84
5,5	68,40	71,44	72,76
Rata - rata	68,68	71,72	73,80
6	77,98	79,69	76,94
6	72,07	70,93	77,70
Rata - rata	75,03	75,31	77,32
6,5	78,52	86,56	78,70
6,5	78,42	76,03	76,68
Rata - rata	78,47	81,30	77,69
7	82,87	86,39	88,25
7	83,84	86,63	86,57
Rata - rata	83,36	86,51	87,41



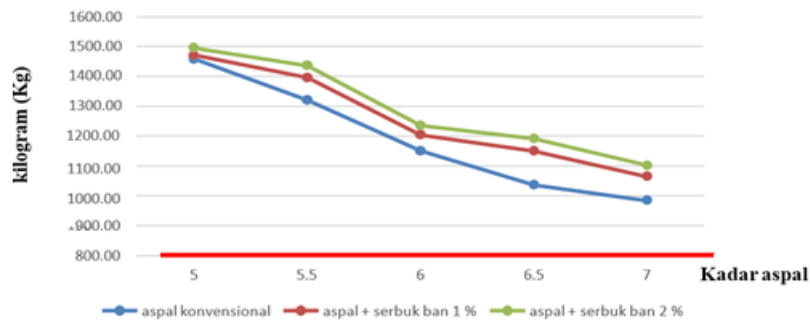
**Gambar 6.** Kurva Rata-rata VFA

### 3.3.4. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan campuran aspal menahan deformasi akibat beban kerja tanpa terjadi deformasi permanen. Hasil pengujian terdapat pada Tabel 9 dan Gambar 7.

**Tabel 9.** Hasil Pengujian Stabilitas

KadarAspal	Stabilitas min. 800 Kg		
	Aspal Konvensional	Aspal + Serbuk Ban 1%	Aspal + Serbuk Ban 2%
5	1413,44	1482,96	1537,32
5	1505,68	1459,76	1454,44
Rata - rata	1459,56	1471,37	1495,88
5,5	1343,93	1384,29	1492,76
5,5	1297,59	1408,54	1381,36
Rata - rata	1320,76	1396,40	1437,06
6	1189,97	1228,07	1269,96
6	1112,22	1181,73	1203,12
Rata - rata	1151,10	1204,90	1236,54
6,5	1112,22	1189,97	1225,40
6,5	962,50	1112,22	1158,56
Rata - rata	1037,36	1151,10	1191,98



**Gambar 7.** Kurva Rata-rata Stabilitas

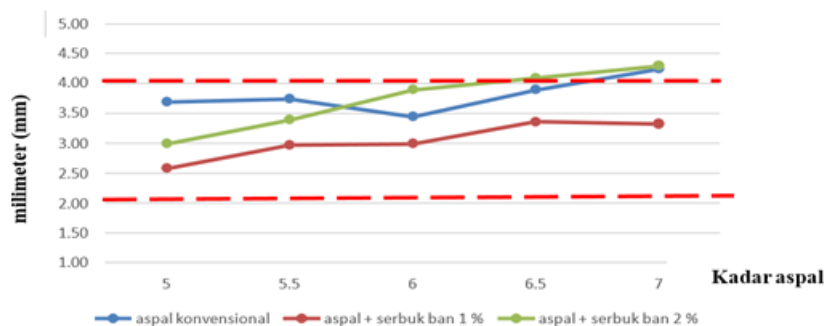
Bedasarkan spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 3, hasil pengujian benda uji dari aspal konvensional, aspal + serbuk ban 1% dan 2% masih memenuhi spesifikasi yang diizinkan yaitu nilai Stabilitas minimal 800 Kg.

### 3.3.5. Kelelehan (*Flow*)

*Flow* atau *yield* menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapisan karena kemampuannya menahan beban. Hasil pengujian pada Tabel 10 dan Gambar 8.

**Tabel 10.** Hasil Pengujian *Flow*

KadarAspal	<i>Flow 2 – 4 mm</i>		
	Aspal Konvensional	Aspal + Serbuk Ban 1%	Aspal + Serbuk Ban 2%
5	3,80	2,30	2,58
5	3,60	2,88	3,35
Rata - rata	3,70	2,59	2,97
5,5	4,10	2,58	3,45
5,5	3,40	3,38	3,35
Rata - rata	3,75	2,98	3,40
6	3,50	2,35	3,51
6	3,40	3,64	4,29
Rata - rata	3,45	3,00	3,90
6,5	4,10	3,32	4,20
6,5	3,70	3,42	3,90
Rata - rata	3,90	3,37	4,05
7	4,20	3,26	4,00
7	4,30	3,40	4,66
Rata - rata	4,25	3,33	4,33

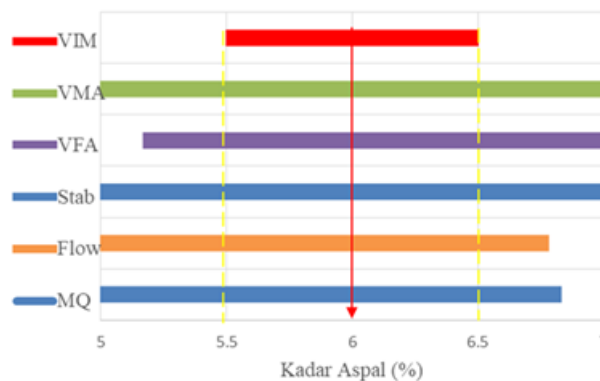


**Gambar 8.** Kurva Rata-rata *Flow*

Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 3, pengujian dengan lima varian kadar aspal 5% - 7% dari aspal konvensional, aspal + serbuk ban 1% dan 2% memenuhi standar baku yang diijinkan yaitu dengan nilai alir 2 - 4 mm.

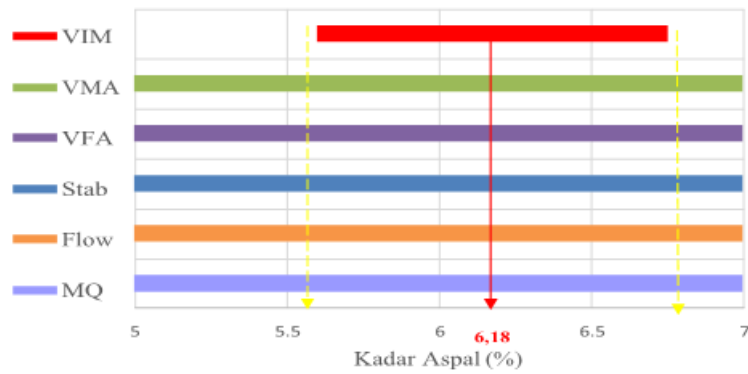
### 3.4. Hasil Kadar Aspal Optimum (KAO)

Pada Gambar 9 *barchart* KAO untuk aspal konvensional, nilai Stabilitas, *Flow*, dan VFA untuk kadar aspal 5,0 %, 5,5 %, 6,0 %, 6,5% dan 7,0 % semuanya memenuhi (layak), untuk nilai VIM dengan kadar aspal 5 % dan 7,0% tidak memenuhi (tidak layak), untuk nilai *Flow* dan VFA dengan kadar aspal 7 % tidak memenuhi (tidak layak) dan untuk nilai VFA dengan kadar aspal 5 % tidak memenuhi (tidak layak). Untuk menentukan Kadar Aspal Optimum diambil dari batas nilai terkecil dan rentang kadar aspalnya yaitu dari kadar aspal 5,5%, 6,0% dan 6,5%. Berdasarkan  $P_b$  rencana menentukan KAO dengan mengambil nilai rata-rata, jadi untuk KAO pada aspal konvensional didapatkan dengan kadar aspal 6,0%.



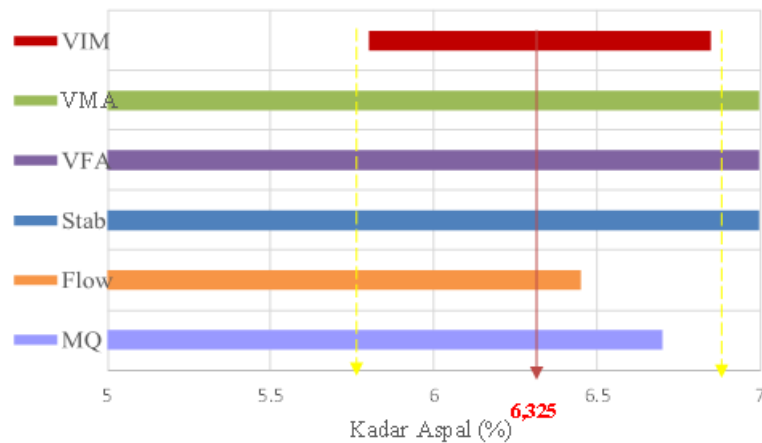
Gambar 9. Barchart KAO Aspal Konvensional

Pada Gambar 10 *barchart* KAO untuk aspal dengan penambahan 1% serbuk ban, nilai Stabilitas, *Flow*, VMA, MQ dan VFA untuk kadar aspal 5,0 %, 5,5 %, 6,0 %, 6,5% dan 7,0 % semuanya memenuhi (layak), untuk nilai VIM dengan kadar aspal 5 %, 5,5 % dan 7% tidak memenuhi (tidak layak), untuk menentukan Kadar Aspal Optimum diambil dari batas nilai terkecil dan rentang kadar aspalnya yaitu dari kadar aspal 5,6%, 6,18 % dan 6,75%. Berdasarkan  $P_b$  rencana menentukan KAO dengan mengambil nilai rata-rata, jadi untuk KAO pada aspal dengan bahan tambah serbuk ban karet 1% didapatkan dengan kadar aspal 6,18 %.



Gambar 10. Barchart KAO Aspal + Serbuk Ban 1%

Pada Gambar 11 *barchart* KAO untuk aspal dengan penambahan 2% serbuk ban, nilai Stabilitas, VMA, dan VFA untuk kadar aspal 5,0 %, 5,5 %, 6,0 %, 6,5% dan 7,0 % semuanya memenuhi (layak), nilai VIM dengan kadar aspal 5 %, 5,5 % dan 7 % tidak memenuhi (tidak layak). Untuk nilai *Flow* pada kadar aspal 6,5 % dan 7 % tidak memenuhi (tidak layak). Untuk menentukan Kadar Aspal Optimum diambil dari batas nilai terkecil dan rentang kadar aspalnya yaitu dari kadar aspal 5,8%, 6,325 % dan 6,85%. Berdasarkan  $P_b$  rencana menentukan KAO dengan mengambil nilai rata-rata, jadi untuk KAO pada aspal dengan bahan tambah serbuk ban karet 2% didapatkan dengan kadar aspal 6,325%.



Gambar 11. Barchart KAO Aspal + Serbuk Ban 2%

#### 4. SIMPULAN

Simpulan berdasarkan hasil uji laboratorium kinerja penambahan serbuk ban karet terhadap sifat *Marshall* menggunakan bahan pengikat aspal penetrasi 60/70:

- a. Hasil analisis data parameter setiap KAO, nilai yang optimum adalah KAO 6,18 % dengan penambahan aspal + serbuk ban karet 1%, dengan nilai parameter yaitu VIM 4,61%, VMA 18,52%, VFA 75,31%, Stabilitas 1459 kg, dan *Flow* 2,95 mm.
- b. Hasil nilai Kadar Aspal Optimum (KAO):  
Kadar Aspal Optimum (KAO) aspal normal yang diperoleh: 6%  
Kadar Aspal Optimum (KAO) aspal dengan penambahan serbuk karet ban 1%: 6,18%  
Kadar Aspal Optimum (KAO) aspal dengan penambahan serbuk karet ban 2%: 6,325%  
Berdasarkan simpulan, diusulkan beberapa saran:
  - a. Perlu dilakukan pengujian properties ban kendaraan yang di pakai untuk campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC - WC)*.
  - b. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan serbuk ban ukuran lolos ayakan no 8 yaitu 2,36 mm kedalam campuran AC – WC. Pada penelitian lanjutan dapat menambahkan serbuk ban dengan ukuran yang lebih halus supaya lebih homogen pada saat pencampuran dengan aspal.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI ASTM C136:2012 Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (ASTM C 136-06 IDT)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 7619:2012 Metode Uji Penentuan Persentase Butir Pecah Pada Agregat Kasar*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *SNI 1969:2016 Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *SNI 1970:2016 Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*. Vol. 18.
- Fathonah, W., Intari, D. E., & Ningrum, M. R. 2021. *Pengaruh Penggunaan Abu Batu Apung Sebagai Filler Pada Campuran Laston AC-WC (Hot Rolled Sheet)*.
- Hardiyatmo, H. C. 2015. *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*. Cetakan Ke-2. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2018. *Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Revisi 3. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Rosyad, F., Prastyo, N., & Kasmuri, M. 2019. *Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Karet Terhadap Durabilitas dan Flexibilitas Aspal Beton (AC-WC)*. *Jurnal Ilmiah Tekno*. Vol. 14 No. 2.
- Soehartono. 2015. *Teknologi Aspal dan Penggunaannya dalam Konstruksi Perkerasan Jalan*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Sukirman, S. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. 2016. *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.