

# Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Ban Bekas Kendaraan terhadap Karakteristik Laston Ac-Bc dengan Metode Uji Marshall

Alfia Nur Rahmawati<sup>1</sup>, Yulis Widhiastuti<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bojonegoro

Email: [alfiarahma64@gmail.com](mailto:alfiarahma64@gmail.com)<sup>1</sup>, [yuliswunigoro@gmail.com](mailto:yuliswunigoro@gmail.com)<sup>2</sup>

## Abstrak

Aspal merupakan bahan yang sering dipakai dalam pembuatan konstruksi perkerasan jalan khususnya pada lapisan permukaan sebab memiliki berbagai kelebihan, aspal mempunyai sifat elastis apabila menerima beban kendaraan, mampu menahan bising, memiliki ketahanan serta nyaman. Ketika cuaca panas aspal menjadi lembek sehingga saat dilalui kendaraan menjadi plastis serta menghasilkan permukaan yang bergelombang. Sebaliknya ketika waktu hujan aspal menjadi kaku yang mana jika dilalui kendaraan, aspal menjadi pecah, retak dan berlubang yang akhirnya mengakibatkan kerusakan jalan. Usaha yang telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas aspal pada saat ini adalah dengan memodifikasi sifat –sifat fisik dan kimia aspal dengan berbagai macam bahan tambah supaya mendapatkan kualitas aspal yang bagus dan murah . Penulis menggunakan bahan tambah serbuk ban bekas kendaraan yang diharapkan dapat meningkatkan kekuatan Laston AC-BC. Penambahan serbuk ban karet bekas pada campuran laston AC-BC mempengaruhi nilai karakteristik marshall. Dimana semakin banyak bahan tambah nilai stabilitasnya semakin turun, nilai flow semakin besar, nilai VIM dan VMA semakin besar sedangkan nilai VFA dan MQ semakin menurun. Dari hasil pengujian marshall diperoleh nilai stabilitas pada benda uji tanpa menggunakan bahan tambah adalah sebesar 701,48 kg, flow 1,20 mm, VIM 4,49 %, VMA 10,76 %, VFA 56,43 %, MQ 644,01 kg/mm. Sedangkan pada kadar bahan tambah 3 % diperoleh nilai stabilitas 423,40 kg, flow 1,9 mm, VIM 12,97 %, VMA 16,41 %, VFA 20.25 %, MQ 232,65 kg/mm. Pada kadar bahan tambah 4% diperoleh nilai stabilitas 315,35 kg ,flow 2,57 mm, VIM 14,69%, VMA 17,28 % , VFA 14,67 %, MQ 136,63 kg/mm, dan untuk penambahan 5% diperoleh nilai stabilitas 254,45 kg, flow 3,56 mm, VIM 21,35 %, VMA 23%, VFA 6,73 %, MQ 74,10 kg/mm. Penambahan kadar bahan tambah ban bekas pada campuran lapis aspal beton (laston) AC-BC yang memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu VMA dan flow, sedangkan stabilitas, VIM, VFA, MQ tidak memenuhi persyaratan Bina Marga 2018.

**Kata kunci** : Serbuk Ban Bekas Kendaraan, Uji Marshall, Variasi

## Abstract

Asphalt is a material that is often used in the manufacture of road pavement construction, especially in the surface layer because it has various advantages, asphalt has elastic properties when receiving vehicle loads, is able to withstand noise, has resilience and is comfortable. When the weather is hot asphalt becomes soft so that when vehicles pass it becomes plastic and produces a bumpy surface. On the other hand, when it rains, the asphalt becomes stiff, where if a vehicle passes it, the asphalt breaks, cracks and has holes which eventually results in road damage. Efforts that have been made to improve the quality of asphalt at this time is to modify the physical and chemical properties of asphalt with various kinds of additives in order to obtain good quality asphalt and inexpensive. The author uses the added material of used vehicle tire powder which is expected to increase the

strength of Laston AC-BC. The addition of used rubber tire powder to the AC-BC Laston mixture affects the value of Marshall characteristics. Where the more added material the stability value decreases, the flow value increases, the VIM and VMA values increase while the VFA and MQ values decrease. From the marshall test results, the stability value of the test object without using added materials was 701.48 kg, flow 1.20 mm, VIM 4.49 %, VMA 10.76 %, VFA 56.43 %, MQ 644.01 kg /mm. While the added material content of 3% obtained a stability value of 423.40 kg, flow 1.9 mm, VIM 12.97 %, VMA 16.41 %, VFA 20.25 %, MQ 232.65 kg/mm. At 4% added material content, stability values obtained were 315.35 kg, flow 2.57 mm, VIM 14.69%, VMA 17.28%, VFA 14.67%, MQ 136.63 kg/mm, and for the addition of 5 % obtained stability values of 254.45 kg, flow 3.56 mm, VIM 21.35 %, VMA 23%, VFA 6.73 %, MQ 74.10 kg/mm. The addition of used tire additives to the AC-BC asphalt concrete mix (laston) meets the 2018 Bina Marga requirements, namely VMA and flow, while stability, VIM, VFA, MQ do not meet the 2018 Bina Marga requirements.

**Keywords:** Used Vehicle Tire Powder, Marshall Test, Variation



## PENDAHULUAN

Aspal merupakan bahan yang sering dipakai dalam pembuatan konstruksi perkerasan jalan khususnya pada lapisan permukaan sebab memiliki berbagai kelebihan, aspal mempunyai sifat elastis apabila menerima beban kendaraan, mampu menahan bising, memiliki ketahanan serta nyaman (The Asphalt Institute, 1983).

Pertumbuhan volume lalu lintas setiap tahun semakin meningkat memberikan dampak terhadap permintaan akan pembangunan struktur perkerasan jalan dan pemakaian material yang digunakan. Di Indonesia sering terjadi temeperatur udara yang tinggi serta beban lalu lintas yang berlebih, sehingga dibutuhkan pertimbangan dalam melakukan perencanaan campuran aspal. Oleh karena itu diperlukan aspal dengan kualitas yang baik sehingga nantinya akan dihasilkan campuran aspal dengan kinerja yang baik. Karena aspal merupakan lapisan perkerasan paling atas yang menerima beban secara langsung dari lalu lintas, maka aspal harus cukup stabil, kuat, dan tetap di tempat meskipun ada pembebanan yang berlebih dari lalu lintas (Freddy Jhon Philip. S dalam tesis yang berjudul Kinerja Laboratorium dari campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Retona Blend 55 dengan Modifikasi Filler).

Ketika cuaca panas aspal menjadi lembek sehingga saat dilalui kendaraan menjadi plastis serta menghasilkan permukaan yang bergelombang. Sebaliknya ketika waktu hujan aspal menjadi kaku yang mana jika dilalui kendaraan, aspal menjadi pecah, retak dan berlubang yang akhirnya mengakibatkan kerusakan jalan.

Sesuai dengan UU No 38 Tahun 2004, jalan yang merupakan unsur yang paling penting dalam pengembangan kehidupan berbangsa harus selalu diperhatikan akan kerusakannya. Kerusakan jalan dapat memberikan dampak buruk untuk pemerintah dan juga masyarakat. Kerusakan yang terjadi di jalan raya bisa mengakibatkan pengendara tidak nyaman serta dapat menyebabkan kecelakaan. Adanya kualitas jalan yang kurang baik dengan ditambahnya jumlah kendaraan yang semakin padat membuat jalan berumur pendek.

Usaha yang telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas aspal pada saat ini adalah dengan memodifikasi sifat –sifat fisik dan kimia aspal dengan berbagai macam bahan tambah supaya mendapatkan kualitas aspal yang bagus dan murah.

Jenis limbah selain plastik yang sering kali menimbulkan masalah ialah ban bekas kendaraan bermotor. Eropa setiap tahunnya menghasilkan ban bekas sebanyak 2,2 juta ton yang 34,4% diantaranya tak termanfaatkan. Pembuangan limbah ban bekas ke lingkungan bisa menyebabkan polusi lingkungan dikarenakan ban tidak bisa terurai secara biologis dalam tanah serta menimbulkan penyakit (Juma, 2006).

Banyak penelitian yang telah dilakukan agar menambah daya lekat serta kekentalan aspal diantaranya penggunaan bahan lateks, pemakaian ban dalam bekas kendaraan. Penggunaan bahan tambahan tersebut dapat memberikan kekuatan lebih bagi suatu lapisan permukaan jalan (Faisal dkk, 2014).

Limbah ban dalam bekas kendaraan adalah karet alam yang telah melewati proses pabrikasi dan sudah melewati penambahan campuran-campuran tertentu kemudian dicetak dalam bentuk ban untuk berbagai kendaraan bermotor. Ban bekas kendaraan bermotor berasal dari berbagai bahan seperti karet alam, karet sintetik, bahan kimia, karbon hitam dan minyak tertentu. Sifat-sifat karet sendiri adalah kuat, dan lentur. Sisa-sisa ban dalam bekas kendaraan ini bisa digunakan sebagai bahan tambahan untuk campuran aspal, diharapkan dengan menambahkan campuran limbah karet ban dalam untuk konstruksi perkerasan jalan pada campuran aspal dapat memberikan banyak keuntungan, diantaranya permukaan perkerasan menjadi lebih tahan lama, tahan terhadap retakan akibat lendutan yang berlebihan serta retakan akibat kelelahan bahan, meningkatkan daya cengkram akibat pengereman serta mengurangi kebisingan akibat gesekan ban roda dengan permukaan perkerasan.

Nurkhayati Darunifah (2007) menyatakan, ikatan antar agregat dengan aspal sebagai bahan pengikat semakin kuat sehingga dapat menahan beban lalu lintas yang berat tanpa terjadi bleeding, keawetannya meningkat, elastisitas aspal meningkat dan semakin fleksibel limbah ban bekas digunakan sebagai pengganti aspal, namun dalam penelitian ini limbah ban bekas akan digunakan sebagai bahan tambah agregat.

Dari beberapa hal di atas, penulis berinisiatif untuk membuat penelitian dengan judul *“Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Ban Bekas Kendaraan terhadap Karakteristik Laston(AC-BC) Dengan Metode Uji Marshall.*

## METODE

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, analisis adalah penguraian suatu pokok atas berbagai bagiannya dan penelaahan bagian itu sendiri serta hubungan antar bagian untuk memperoleh pengertian yang tepat dan pemahaman arti keseluruhan. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu menguji karakteristik aspal dengan variasi penambahan bahan serbuk ban bekas kendaraan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Agregat

Pada pengujian agregat ini dilakukan 3 jenis pengujian yaitu pengujian analisa saringan untuk agregat kasar, sedangkan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan dilakukan terhadap kedua jenis agregat yaitu agregat kasar dan agregat halus. Berikut adalah data hasil pengujian agregat :

#### 1. Pengujian analisa saringan

Agregat kasar yang berasal dari Parengan dilakukan analisa saringan dengan acuan SNI 03-1968-1990, agregat halus yang berasal dari Gelagahsari dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dengan acuan SNI 03-1968-1990. Berikut adalah hasil pengujian analisa saringan:

**Tabel 4.1 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar ukuran 1/2 percobaan 1**

UKURAN AYAKAN		SAMPEL – 1			
		Berat tertinggal (gr)	kumulatif tertahan (gr)	kumulatif tertahan %	lolos (gr) %
(mm)	No.				
19,1	3/4"	455	455	18.2	81.8
13,2	1/2"	842	1297	51.88	48.12
9,60	3/8"	653	1950	78	22
4,80	4	420	2370	94.8	5.2

2,40	8	105	2475	99	1
PAN		25	2500	100	0
JUMLAH		2500			

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro

**Tabel 4.2 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar ukuran 1/2 percobaan 2**

UKURAN AYAKAN		SAMPEL – 2			
		Berat tertinggal (gr)	kumulatif tertahan (gr)	kumulatif tertahan %	lolos (gr) %
(mm)	No.				
19,1	3/4"	548	548	78.08	79.94
13,2	1/2"	836	1384	44.64	46.38
9,60	3/8"	643	2027	18.92	20.46
4,80	4	339	2366	5.36	5.28
2,40	8	111	2477	0.92	0.96
PAN		23	2500	0	0
JUMLAH		2500			

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro

Pengujian analisa saringan agregat kasar ukuran 1/2 dilakukan sebanyak 2 kali percobaan dengan hasil rata-rata semua agregat lolos pada saringan no 1. Sedangkan untuk agregat yang tertahan saringan no 3/4 yaitu sebanyak 501,5 gram .Untuk yang lolos ayakan no 1/2 yaitu sebanyak 839 gram. Selanjutnya untuk agregat yang tertahan saringan no 3/8 yaitu sebanyak 648 gram. Sedangkan untuk berat tertahan pada saringan no 4 ini adalah sebanyak 379.5 gr dan sebanyak 108 yang tertahan pada saringan no 8.

**Tabel 4.3 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar ukuran 0,5 percobaan 1**

UKURAN AYAKAN		SAMPEL – 1			
		Berat tertinggal (gr)	kumulatif tertahan (gr)	kumulatif tertahan %	lolos (gr) %
(mm)	No.				
19,1	3/4"	0	0	0	100
13,2	1/2"	0	0	0	100
9,60	3/8"	14	14	0.56	99.44
4,80	4	571	585	23.4	76.6
2,40	8	1548	2133	85.32	14.68
PAN		367	2500	100	0
JUMLAH		2500			

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro

**Tabel 4.4 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar ukuran 0,5 percobaan 2**

UKURAN AYAKAN		SAMPEL – 1			
		Berat tertinggal (gr)	komulatif tertahan (gr)	komulatif tertahan %	lolos (gr) %
(mm)	No.				
19,1	3/4"	0	0	0	100
13,2	1/2"	0	0	0	100
9,60	3/8"	11	11	0.44	99.56
4,80	4	801	812	32.48	67.52
2,40	8	1412	2224	88.96	11.04
PAN		367	2500	100	0
JUMLAH		2500			

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro

Pengujian analisa saringan agregat kasar ukuran 0,5 dilakukan sebanyak 2 kali percobaan dengan hasil rata-rata semua agregat lolos pada saringan no 1, no ¾ dan 1/2. Sedangkan untuk agregat yang tertahan saringan no 3,8 yaitu sebanyak 12,5 gram. Untuk yang tertahan ayakan no 4 yaitu sebanyak 686 gram. Selanjutnya untuk agregat yang tertahan saringan no 8 yaitu sebanyak 1480 gram.

**Tabel 4.5 Analisa saringan agregat halus percobaan 1**

UKURAN AYAKAN		SAMPEL – 1			
		Berat tertinggal (gr)	komulatif tertahan (gr)	komulatif tertahan %	lolos (gr) %
(mm)	No.				
19,1	3/4"	0	0	0	100
13,2	1/2"	0	0	0	100
9,60	3/8"	0	0	0	100
4,80	4	6	6	0.24	99.76
2,40	8	30	36	1.44	98.56
1,20	16	43	79	3.16	96.84
0,60	30	1917	1996	79.84	20.16
0,30	50	293	2289	91.56	8.44
0,15	100	77	2366	94.64	5.36
0,075	200	121	2487	99.48	0.52
PAN	PAN	13	2500	100	0
JUMLAH		2500			

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro

**Tabel 4.6 Analisa saringan agregat halus percobaan 2**

UKURAN AYAKAN		SAMPEL – 1			
		Berat tertinggal (gr)	komulatif tertahan (gr)	komulatif tertahan %	lolos (gr) %
(mm)	No.				
19,1	3/4"	0	0	0	100
13,2	1/2"	0	0	0	100
9,60	3/8"	0	0	0	100
4,80	4	10	10	0.4	99.68
2,40	8	34	44	1.76	98.4
1,20	16	69	113	4.52	96.16
0,60	30	1682	1795	71.8	24.18
0,30	50	453	2248	89.92	9.26
0,15	100	111	2359	94.36	5.5
0,075	200	128	2487	99.48	0.52
PAN	PAN	13	2500	100	0
JUMLAH		2500			

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro

Pengujian analisa saringan agregat halus dilakukan sebanyak 2 kali percobaan dengan hasil rata-rata semua agregat lolos pada saringan nomer 1, no 3/4 , 1/2 dan 3/8, Sedangkan untuk agregat yang tertahan saringan no 4 yaitu sebanyak 8 gram .Untuk yang tertahan ayakan nomer 8 yaitu sebanyak 32 gram. Selanjutnya untuk agregat yang tertahan saringan no 16 yaitu sebanyak 56 gram, saaringan nomer 30 sebanyak 1799 gram, pada saringan nomer 50 sebanyak 373 gram, pada saringan nomer 100 sebanyak 94 gram dan pada saringan nomer 200 sebanyak 94 gram.

**Tabel 4.7 Analisa saringan filler percobaan 1**

UKURAN AYAKAN		SAMPEL – 1			
		Berat tertinggal (gr)	komulatif tertahan (gr)	komulatif tertahan %	lolos (gr) %
(mm)	No.				
0,30	50	0	0	0	0
0,15	100	0	0	0	100
0,075	200	4	4	0.8	99.2
PAN		496	500	100	0
JUMLAH		500			

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro

**Tabel 4.8 Analisa saringan filler percobaan 2**

UKURAN AYAKAN		SAMPEL – 1			
		Berat tertinggal (gr)	komulatif tertahan (gr)	komulatif tertahan %	lolos (gr) %
(mm)	No.				
0,30	50	0	0	0	100
0,15	100	0	0	0	100
0,075	200	3	3	0.6	99.3

PAN	497	500	200	0
JUMLAH	500			

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro

Pengujian analisa saringan agregat halus dilakukan sebanyak 2 kali percobaan dengan hasil rata-rata semua agregat lolos pada saringan nomer 50, 100, Sedangkan untuk agregat yang tertahan saringan no 200 yaitu sebanyak 3,5 gram .Untuk lolos saringan nomer 200 sebanyak 496,5 gram.

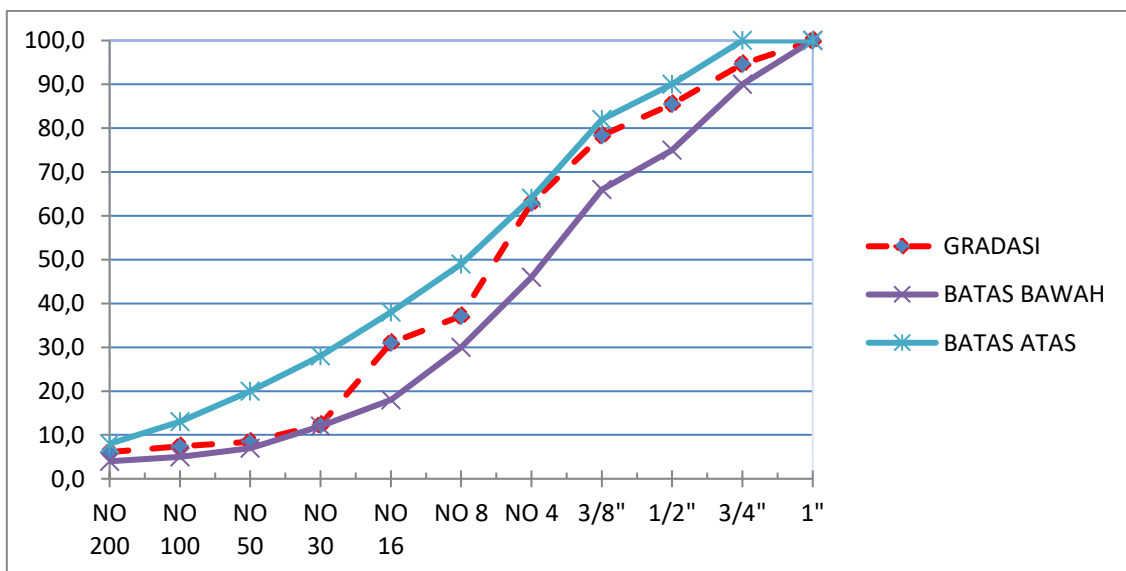
2. Gradasi gabungan agregat

Pengujian dilakukan sesuai dengan acuan SNI 03-1998-1990 dengan tujuan mengetahui gradasi campuran sehingga dapat digunakan sebagai perencanaan campuran.

**Tabel 4.9 Gradasi gabungan agregat perencanaan campuran**

SIEVE SIZE	HOT BIN I	HOT BIN II	HOT BIN III	FILLER	Jumlah	Spesifikasi	
					GRADASI	BATAS BAWAH	BATAS ATAS
1"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	79.9	100.0	100.0	100.0	94.6	90.0	100.0
1/2"	46.4	100.0	100.0	100.0	85.5	75.0	90.0
3/8"	20.5	99.5	100.0	100.0	78.3	66.0	82.0
NO 4	5.3	72.1	99.7	100.0	62.9	46.0	64.0
NO 8	1.0	12.9	98.4	100.0	37.1	30.0	49.0
NO 16	0.0	0.0	96.2	100.0	31.0	18.0	38.0
NO 30	0.0	0.0	24.2	100.0	12.3	12.0	28.0
NO 50	0.0	0.0	9.3	100.0	8.4	7.0	20.0
NO 100	0.0	0.0	5.5	100.0	7.4	5.0	13.0
NO 200	0.0	0.0	0.5	99.3	6.1	4.0	8.0

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro



Grafik 4.1 Gradasi gabungan perencanaan campuran

### 3. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Agregat kasar yang berasal dari Parengan dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dengan acuan SNI 03-1970-1990, agregat halus yang berasal dari Gelagahsari dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dengan acuan SNI 03-1970-1990. Berikut adalah hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat:

**Tabel 4.10 Hasil pengujian berat jenis agregat**

No	Agregat	Jenis Pengujian	Persyaratan		Hasil	Satuan
			Min	Maks		
1	Agregat Kasar ½	Berat Jenis <i>bulk</i>	2.5		2.51	gr/cc
		Berat Jenis SSD	2.5		2.56	gr/cc
		Berat Jenis semu	2.5		2.64	gr/cc
		Penyerapan		3	1.94	%
2	Agregat Kasar 0/5	Berat Jenis <i>bulk</i>	2.5		2.50	gr/cc
		Berat Jenis SSD	2.5		2.56	gr/cc
		Berat Jenis semu	2.5		2.66	gr/cc
		Penyerapan		3	2.4	%
3	Agregat Halus	Berat Jenis <i>bulk</i>	2.5		2.61	gr/cc
		Berat Jenis SSD	2.5		2.69	gr/cc
		Berat Jenis semu	2.5		2.83	gr/cc
		Penyerapan		3	2.88	%

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa berat jenis dan penyerapan pada agregat kasar dan agregat halus. Masing masing berat agregat ini mempunyai 3 jenis yaitu berat jenis *bulk*, berat jenis SSD, dan berat jenis semu. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil seperti pada tabel 19, pada agregat kasar 1/2 yaitu berat jenis *bulk* 2,51 gr/cc, berat jenis SSD 2,56 gr/cc, berat jenis semu 2,64 gr/cc, penyerapan sebesar 1,94%. Pada agregat kasar 0/5 yaitu berat jenis *bulk* 2,50 gr/cc, berat jenis SSD 2,56 gr/cc, berat jenis semu 2,66 gr/cc, penyerapan sebesar 2,4 %. Untuk agregat halus juga dilakukan pengujian berat jenis dan pengujian penyerapan air. Pada pengujian ini diperoleh hasil yaitu berat jenis *bulk* sebesar 2,61 gr/cc, berat jenis SSD 2,69 gr/cc, berat jenis semu 2,83 dan penyerapan air sebesar 2,88%. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa nilai berat jenis *bulk*, berat jenis SSD, dan berat jenis semu semua agregat memenuhi syarat karena persyaratan nilai minimum masing-masing berat jenis adalah sebesar 2,5 gr/cc.

### 4. Job Mix Formula

Job Mix Formula merupakan formula yang dipakai sebagai acuan untuk pembuatan campuran. Formula tersebut harus sesuai dan memenuhi persyaratan. Pada penelitian ini digunakan metode *trial and error* yang mengacu pada persyaratan Bina Marga 2018. Berikut adalah hasil perhitungan job mix formula:

Berikut hasil perhitungan job mix formula:



**Tabel 4.11 Job mix fomula**

NO	KADAR ASPAL (gr)	BAHAN TAMBAH (gr)	AGREGAT (gr)				KAPASITAS (gr)
			HOT BIN 1	HOT BIN 2	HOTBIN 3	FILLER	
1	73.8	0	312.17	474.04	300.61	69.37	1230
2	73.8	34.69	302.81	459.82	291.59	67.29	1230
3	73.8	46.25	299.69	455.08	288.59	66.60	1230
4	73.8	57.81	296.57	450.34	285.58	65.90	1230

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro

### Pengujian Marshall

Pengujian marshall dilakukan menggunakan acuan SNI 06-2489-1991. Pengujian ini bertujuan untuk mencari nilai kepadatan (*density*), VIM, VMA, VFA, pelelehan (*flow*), stabilitas dan MQ (*marshall quotient*). Pada penelitian ini dibuat 24 benda uji dengan setiap benda uji yang menggunakan bahan tambah dibuat sebanyak 6 buah. Berikut ini adalah data hasil pengujian marshall:

1. Kepadatan (*Density*)

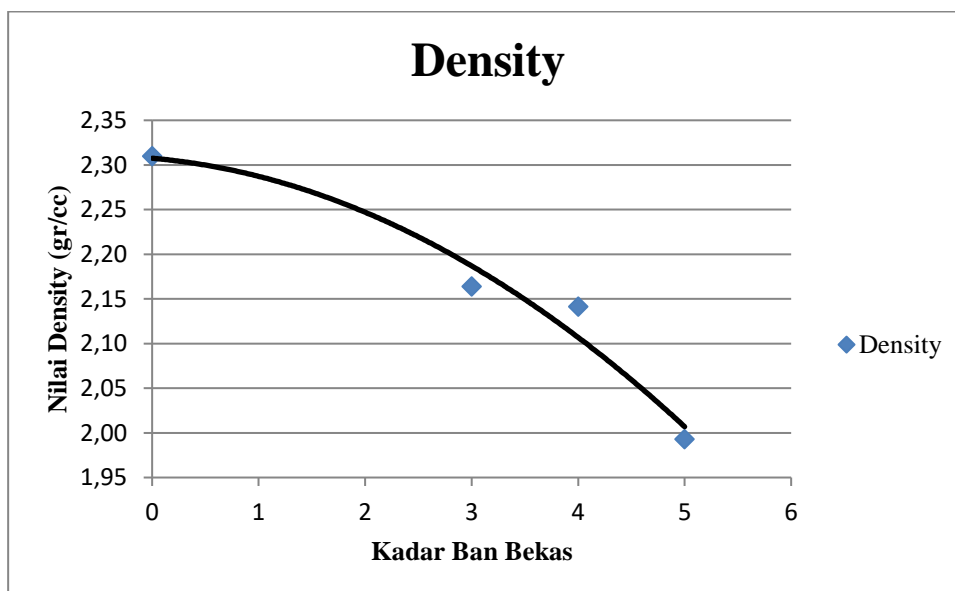
Kepadatan adalah berat campuran pada setiap satuan volume. Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah gradasi agregat, kadar aspal, berat jenis agregat, kualitas penyusunnya dan proses pemadatan yang meliputi suhu dan jumlah tumbukannya. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan rendah. Berikut ini adalah hasil pengujian kepadatan.

**Tabel 4.12 Hasil pengujian kepadatan (*density*)**

Presentase Penambahan	Kode Benda Uji	Density (gr/cc)	Average
0%	TB 1	2.31	2.31
	TB 2	2.30	
	TB 3	2.30	
	TB 4	2.34	
	TB 5	2.30	
	TB 6	2.31	
3%	TB 1	2.19	2.16
	TB 2	2.19	
	TB 3	2.12	
	TB 4	2.13	
	TB 5	2.20	
	TB 6	2.16	
4%	TB 1	2.17	2.14
	TB 2	2.27	
	TB 3	2.09	
	TB 4	2.11	
	TB 5	2.11	
	TB 6	2.09	
5%	TB 1	2.00	1.99

TB 2	1.98
TB 3	1.97
TB 4	1.98
TB 5	2.00
TB 6	2.03

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro



Grafik 4.2 Hasil pengujian density

Dari Gambar 4.2 di atas menunjukkan bahwa penambahan kadar bahan tambah ban karet bekas mempengaruhi nilai kepadatan (*density*). Dimana nilai kepadatan yang menggunakan bahan tambah lebih rendah daripada yang tidak menggunakan bahan tambah. Nilai kepadatan pada benda uji yang tidak menggunakan bahan tambah sebesar 2,31 gr/cc, dengan bahan tambah ban karet bekas 3% sebesar 2,16 gr/cc. Sedangkan pada penambahan ban karet bekas 4% memiliki kepadatan 2,14 gr/cc dan 5% didapatkan nilai kepadatan sebesar 1,99 gr/cc.

2. VIM (*Void In Mix*)

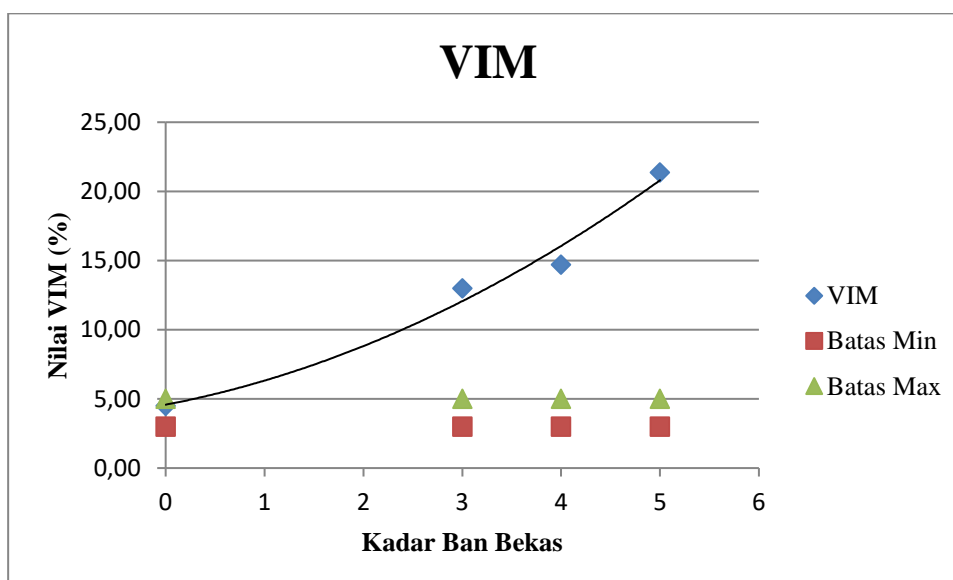
VIM merupakan rongga udara dalam campuran aspal. Rongga udara ini terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. VIM tersebut dinyatakan dalam prosentase terhadap volume beton. Berikut ini hasil pengujian VIM:

Tabel 4.13 Hasil pengujian VIM

Presentase Penambahan	Kode Benda Uji	VIM	Average
0%	TB 1	4.56	4.49
	TB 2	5.05	
	TB 3	4.96	
	TB 4	3.22	
	TB 5	4.74	
	TB 6	4.39	
3%	TB 1	12.02	12.97
	TB 2	12.08	

	TB 3	14.74	
	TB 4	14.47	
	TB 5	11.51	
	TB 6	13.03	
4%	TB 1	13.59	14.69
	TB 2	9.51	
	TB 3	16.55	
	TB 4	15.85	
	TB 5	15.85	
	TB 6	16.81	
5%	TB 1	21.02	21.35
	TB 2	21.78	
	TB 3	22.40	
	TB 4	21.85	
	TB 5	21.08	
	TB 6	20.00	

(Sumber: Hasil pengujian VIM laboratorium Universitas Bojonegoro)



**Grafik 4.3 Hasil pengujian VIM**

Dari Gambar 4.3 di atas dapat dilihat bahwa karakteristik laston AC-BC pada rongga udara dalam campuran aspal ini yang sesuai dengan aturan bina marga adalah yang tidak menggunakan bahan tambah ban karet bekas dengan nilai 4,49 %, sedangkan yang menggunakan bahan tambah ban bekas hasilnya semua melebihi batas maksimal yang disyaratkan oleh Bina Marga. Nilai pada kadar bahan tambah 3% sebesar 12,97%, pada kadar ban bekas 4% sebesar 14,69%, sedangkan pada kadar ban bekas 5% sebesar 21,35 %. Yang dipersyaratkan Bina Marga terendah 3 % dan tertinggi 5%. Hal ini disebabkan karena kadar ban karet bekas yang ditambahkan menghalangi aspal untuk mengisi rongga dalam campuran. Semakin banyak kadar ban karet bekas yang digunakan, maka rongga yang terbentuk semakin besar.

### 3. VMA (*Voids In Mineral Agregate*)

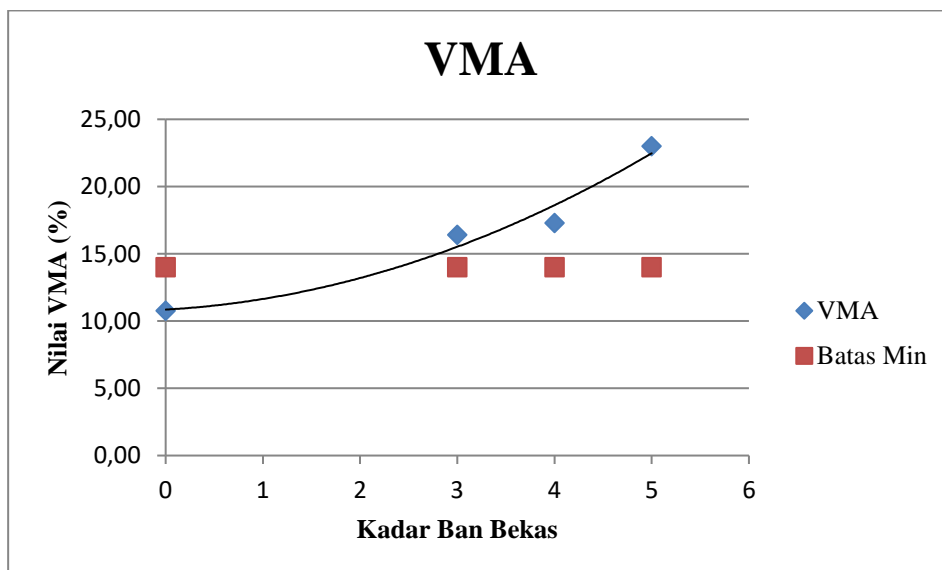
Rongga di antara mineral agregat atau VMA (*voids in mineral agregate*) adalah ruang di antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan BJ Bulk ( $G_{sb}$ ) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume Bulk campuran yang dipadatkan. Berikut ini hasil perbandingan rongga di antara

mineral agregat atau VMA (*voids in mineral aggregate*) antara benda uji yang tidak menggunakan bahan tambah dengan benda uji yang menggunakan bahan tambah ban karet bekas:

**Tabel 4.14 Hasil pengujian VMA**

Presentase Penambahan	Kode Benda Uji	VMA	Average
0%	TB 1	15.34	10.76
	TB 2	10.39	
	TB 3	10.31	
	TB 4	8.67	
	TB 5	10.11	
	TB 6	9.77	
3%	TB 1	19.75	16.41
	TB 2	14.68	
	TB 3	17.26	
	TB 4	17.01	
	TB 5	14.13	
	TB 6	15.61	
4%	TB 1	20.44	17.28
	TB 2	11.36	
	TB 3	18.25	
	TB 4	17.56	
	TB 5	17.56	
	TB 6	18.51	
5%	TB 1	26.58	23.00
	TB 2	22.64	
	TB 3	23.25	
	TB 4	22.71	
	TB 5	21.95	
	TB 6	20.88	

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro



**Grafik 4.4 Hasil pengujian VMA**

Dari Gambar 4.4 di atas dapat diketahui bahwa penambahan ban karet bekas sangat mempengaruhi hasil dari rongga diantara mineral agregat.

Untuk nilai VMA tanpa bahan tambah didapatkan nilai sebesar 10,76 %. Nilai VMA pada benda uji dengan bahan tambah ban bekas 3% sebesar 16,41 %, pada bahan tambah 4% nilainya sebesar 17,28%, dan Nilai tertinggi VMA terdapat pada bahan tambah 5% yaitu sebesar 23%, Dari hasil tersebut, maka benda uji yang tidak menggunakan bahan tambah ban bekas tidak memenuhi nilai VMA, sedangkan semua benda uji dengan bahan tambah ban bekas telah memenuhi nilai VMA yang disyaratkan oleh Bina Marga minimal 14%.

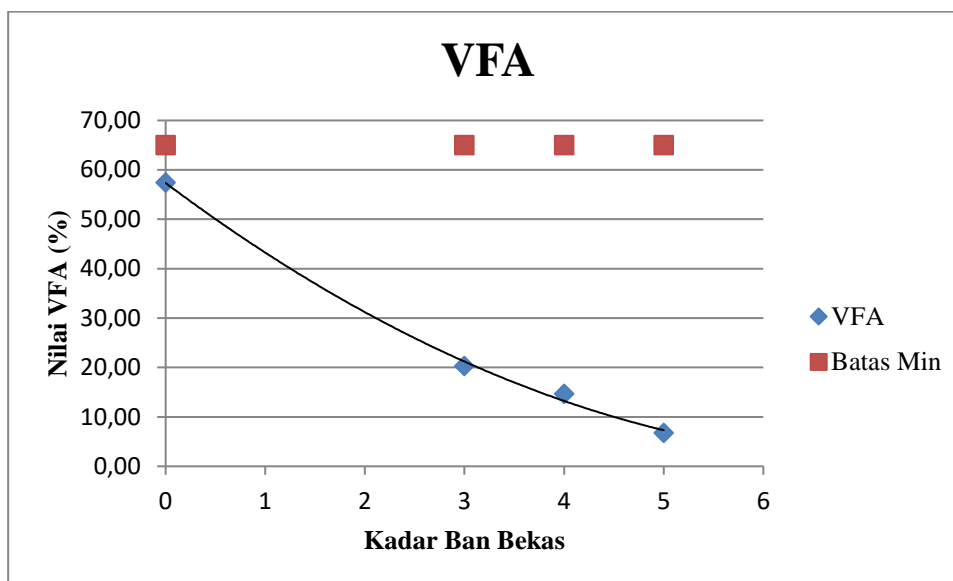
4. VFA (*Void Filled With Asphalt*)

VFA adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFA yang disyaratkan minimal 65%. Berikut ini adalah hasil pengujian nilai VFA:

**Tabel 4.15 Hasil pengujian VFA**

Presentase Penambahan	Kode Benda Uji	VFA	Average
0%	TB 1	70.25	57.43
	TB 2	51.44	
	TB 3	51.88	
	TB 4	62.83	
	TB 5	53.06	
	TB 6	55.10	
3%	TB 1	39.14	20.25
	TB 2	17.75	
	TB 3	14.64	
	TB 4	14.91	
	TB 5	18.56	
	TB 6	16.52	
4%	TB 1	33.49	14.64
	TB 2	16.28	
	TB 3	9.34	
	TB 4	9.79	
	TB 5	9.79	
	TB 6	9.18	
5%	TB 1	20.91	6.73
	TB 2	3.81	
	TB 3	3.68	
	TB 4	3.80	
	TB 5	3.97	
	TB 6	4.23	

Sumber : *Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro*



**Grafik 4.5 Hasil pengujian VFA**

Dari Gambar 4.5 di atas terlihat bahwa seiring penambahan kadar ban karet bekas, nilai VFA semakin menurun. Hal ini mungkin disebabkan karena pemadatan yang kurang sempurna atau karet mengumpal sehingga mengurangi aspal yang seharusnya mengisi rongga dalam campuran. Nilai VFA pada bahan tanpa tambahan ban karet bekas sebesar 56,43 %. Sedangkan untuk kadar bahan tambah ban karet bekas 3% mengalami penurunan menjadi 20,25 %, kadar bahan tambah ban karet bekas 4% menurun menjadi 14,67 % dan terendah pada kadar bahan tambah ban karet bekas 5% menjadi 6,73%. Persyaratan Bina Marga untuk VFA sendiri nilai minimalnya 65%. Jadi untuk benda uji yang tidak menggunakan bahan tambah maupun yang menggunakan bahan tambah semuanya tidak memenuhi persyaratan.

5. Pelelehan (*flow*)

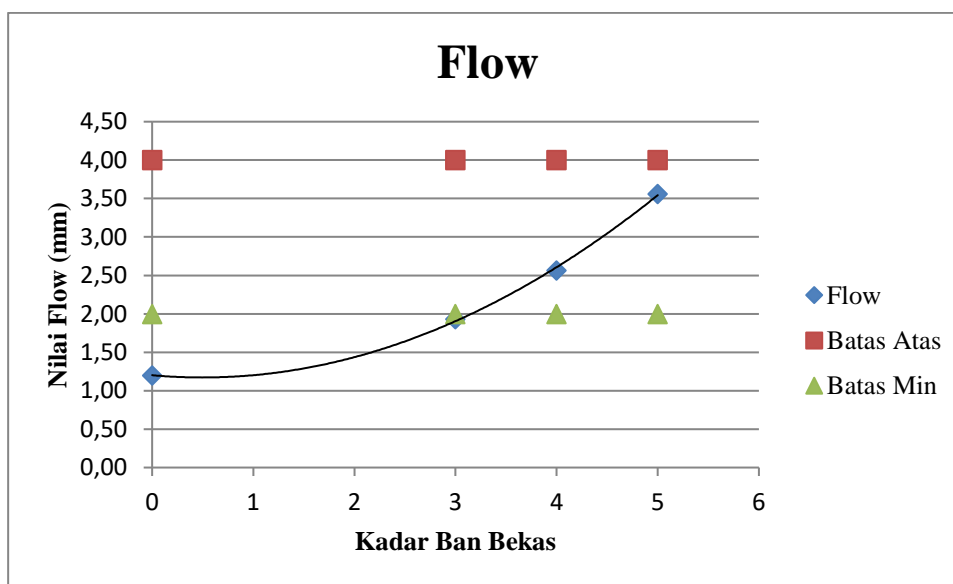
*Flow* adalah tingkat kelehan campuran ketika diuji dalam keadaan suhu ekstrim yaitu 600 C. Ketahanan terhadap kelelehan (*flow*) merupakan kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelehan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi. Berikut ini adalah hasil ketahanan terhadap kelelehan lapis aspal beton yang tidak menggunakan bahan tambah dan yang menggunakan bahan tambah ban karet bekas:

**Tabel 4.16 Hasil pengujian flow**

Presentase Penambahan	Kode Benda Uji	Flow	Average
0%	TB 1	1.25	1.20
	TB 2	1.34	
	TB 3	1.5	
	TB 4	1.18	
	TB 5	1.2	
	TB 6	0.72	
3%	TB 1	1.8	1.93
	TB 2	2.43	
	TB 3	2	
	TB 4	1.6	
	TB 5	1.3	

	TB 6	2.46	
4%	TB 1	1.52	2.57
	TB 2	1.58	
	TB 3	3.83	
	TB 4	3.25	
	TB 5	2.64	
	TB 6	2.58	
5%	TB 1	3.86	3.56
	TB 2	3.86	
	TB 3	3.87	
	TB 4	3.45	
	TB 5	2.64	
	TB 6	3.68	

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro



Grafik 4.6 Hasil pengujian *flow*

Berdasarkan Gambar 4.6 di atas dapat dilihat bahwa nilai kelelehan atau *flow* pada benda uji tanpa bahan tambah tidak memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan oleh Bina Marga dengan nilai 1,20 mm. Nilai pelelehan pada bahan tambah 3% juga tidak memenuhi persyaratan yaitu sebesar 1,9 mm. pada bahan tambah 4% memenuhi dengan nilai 2,57 mm, sedangkan pada bahan tambah 5% juga memenuhi syarat dengan nilai sebesar 3,56 mm. Semakin banyak kadar ban karet bekas yang digunakan, maka nilai *flow* juga semakin besar. Yang dipersyaratkan Bina Marga 2018 terendah 2 % dan tertinggi 4 %.

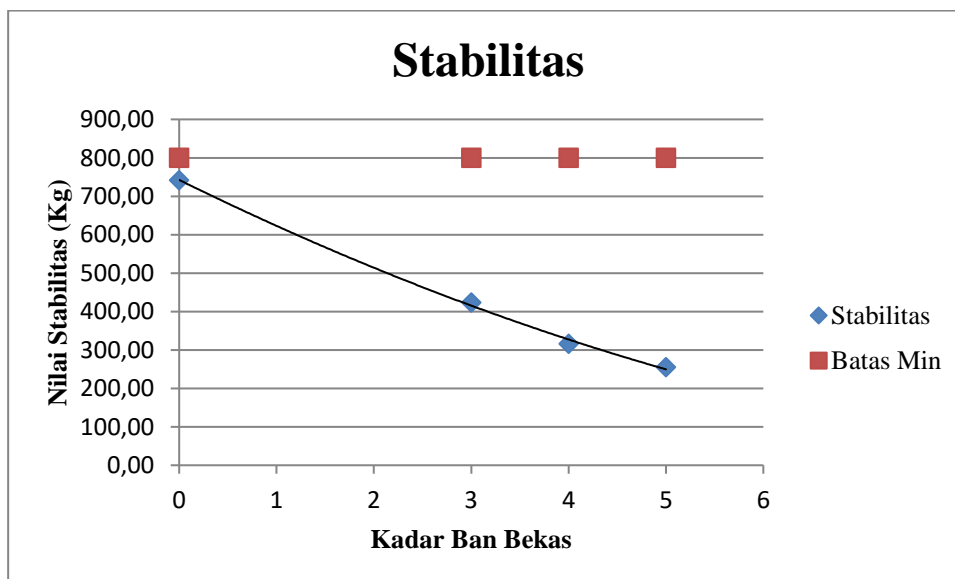
#### 6. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan bleeding. Berikut ini adalah hasil pengujian stabilitas :

**Tabel 4.17 Hasil pengujian stabilitas**

Presentase Penambahan	Kode Benda Uji	Satbilitas	Average
0%	TB 1	721.81	741.58
	TB 2	662.75	
	TB 3	882.73	
	TB 4	761.35	
	TB 5	747.13	
	TB 6	673.70	
3%	TB 1	387.00	423.40
	TB 2	534.31	
	TB 3	444.08	
	TB 4	395.22	
	TB 5	482.32	
	TB 6	297.49	
4%	TB 1	279.18	308.48
	TB 2	386.61	
	TB 3	373.94	
	TB 4	240.31	
	TB 5	159.41	
	TB 6	411.47	
5%	TB 1	243.62	254.45
	TB 2	237.83	
	TB 3	242.52	
	TB 4	124.10	
	TB 5	343.85	
	TB 6	334.75	

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro



Grafik 4.7 Hasil pengujian Stabilitas.



Dari Gambar 4.6 di atas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada benda uji tanpa menggunakan bahan tambah adalah sebesar 701,48 kg. Benda Uji dengan menggunakan bahan tambah ban karet bekas dengan kadar 3% mengalami penurunan sebesar 423,40 kg. Benda Uji dengan menggunakan bahan tambah ban karet bekas dengan kadar 4% memiliki nilai stabilitas 315,35 kg, sedangkan benda uji dengan menggunakan bahan tambah ban karet bekas kadar 5% memiliki nilai stabilitas 254,45 kg. Pada semua benda uji yang menggunakan bahan tambah ban bekas maupun yang tidak semuanya tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yang persyaratan minimumnya sebesar 800kg. Semakin banyak persentase penambahan bahan ban bekas nilai stabilitasnya semakin turun.

7. MQ (*Marshall Quotient*)

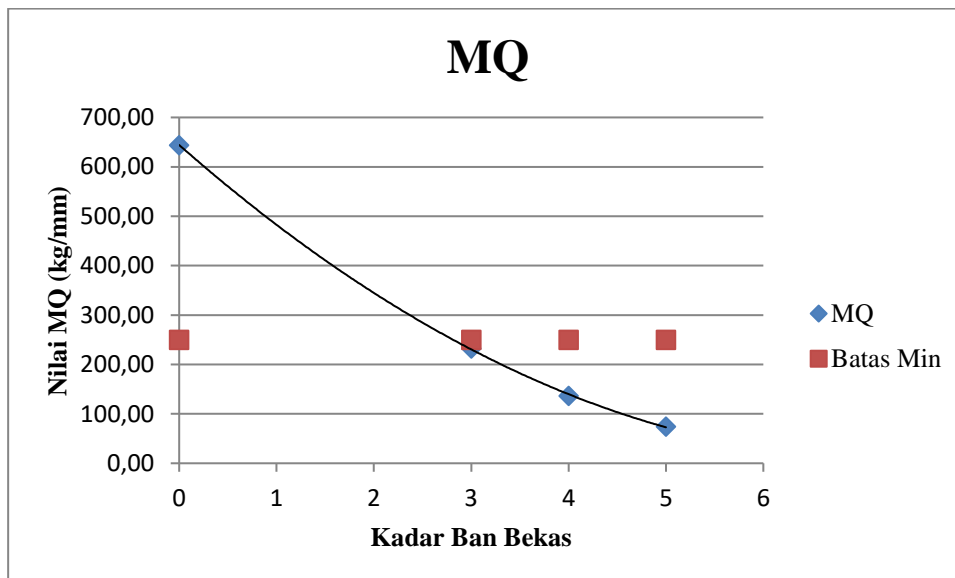
*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan flow. Nilai MQ (*Marshall Quotient*) menyatakan sifat kekakuan suatu campuran, nilai dari MQ (*Marshall Quotient*) akan sangat berpengaruh terhadap kualitas aspal. Apabila nilai MQ (*Marshall Quotient*) terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung keras dan kaku sehingga aspal akan mudah retak. Sebaliknya bila nilai MQ (*Marshall Quotient*) terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil. berikut ini adalah hasil perhitungan antara nilai MQ (*Marshall Quotient*) yang tidak menggunakan bahan tambah dan nilai dengan menggunakan bahan tambah ban karet bekas:

**Tabel 4.18 Hasil pengujian MQ**

Presentase Penambahan	Kode Benda Uji	MQ	Average
0%	TB 1	577.45	644.01
	TB 2	494.59	
	TB 3	588.49	
	TB 4	645.21	
	TB 5	622.61	
	TB 6	935.70	
3%	TB 1	215.00	232.65
	TB 2	219.88	
	TB 3	222.04	
	TB 4	247.01	
	TB 5	371.02	
	TB 6	120.93	
4%	TB 1	183.67	136.63
	TB 2	244.69	
	TB 3	97.63	
	TB 4	73.94	
	TB 5	60.38	
	TB 6	159.48	
5%	TB 1	63.11	74.10
	TB 2	61.62	
	TB 3	62.67	
	TB 4	35.97	
	TB 5	130.25	

	TB 6	90.96
--	------	-------

Sumber : Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bojonegoro



Grafik 4.8 Hasil pengujian MQ

Berdasarkan Gambar 4.7. di atas nilai MQ (*Marshall Quotient*) pada benda uji tanpa bahan tambah nilainya sebesar 644,01 kg/mm, selanjutnya pada penambahan 3% turun menjadi 232,65 kg/mm, pada penambahan 4% nilainya sebesar 136,63 kg/mm, pada penambahan 5% nilainya sebesar 74,10 kg/mm. Dari hasil analisis marshall ini untuk nilai MQ (*Marshall Quotient*) yang memenuhi persyaratan dari Bina Marga 2018 adalah benda uji yang tanpa menggunakan bahan tambah, dibuktikan dengan grafik di atas bahwa nilai MQ (*Marshall Quotient*) lebih besar dari batas minimal yaitu sebesar 250 kg/mm.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan serbuk ban karet bekas pada campuran laston AC-BC mempengaruhi nilai karakteristik marshall. Dimana semakin banyak bahan tambah nilai stabilitasnya semakin turun, nilai *flow* semakin besar, nilai VIM dan VMA semakin besar sedangkan nilai *Density*, VFA dan MQ semakin menurun.
2. Dari hasil pengujian marshall diperoleh nilai stabilitas pada benda uji tanpa menggunakan bahan tambah adalah sebesar 701,48 kg, *flow* 1,20 mm, VIM 4,49 %, VMA 10,76 %, VFA 56,43 %, MQ 644,01 kg/mm, *Density* 2,31 gr/cc. Sedangkan pada kadar bahan tambah 3 % diperoleh nilai stabilitas 423,40 kg, *flow* 1,9 mm, VIM 12,97 %, VMA 16,41 %, VFA 20,25 %, MQ 232,65 kg/mm, *Density* 2,16 gr/cc. Pada kadar bahan tambah 4% diperoleh nilai stabilitas 315,35 kg, *flow* 2,57 mm, VIM 14,69%, VMA 17,28 % , VFA 14,67 %, MQ 136,63 kg/mm, *Density* 2,14 gr/cc, dan untuk penambahan 5% diperoleh nilai stabilitas 254,45 kg, *flow* 3,56 mm, VIM 21,35 %, VMA 23%, VFA 6,73 %, MQ 74,10 kg/mm, *Density* 1,99 gr/cc.

**Tabel 5.1 Hasil perbandingan pengujian marshall**

Kadar Bahan Tambah	Uji Marshall	Hasil	Satuan	Kadar Bahan Tambah	Uji Marshall	Hasil	Satuan
0%	Density	2.31	gr/cc	4%	Density	2.14	gr/cc
	VIM	4.49	%		VIM	14.69	%
	VMA	10.76	%		VMA	17.28	%
	VFA	56.43	%		VFA	14.67	%
	Stabilitas	701.48	kg		Stabilitas	315.35	kg
	Flow	1.2	mm		Flow	2.57	mm
	MQ	644.01	kg/mm		MQ	136.63	kg/mm
3%	Density	2.16	gr/cc	5%	Density	1.99	gr/cc
	VIM	12.97	%		VIM	21.35	%
	VMA	16.41	%		VMA	23	%
	VFA	20.25	%		VFA	6.73	%
	Stabilitas	423.4	kg		Stabilitas	254.45	kg
	Flow	1.9	mm		Flow	3.56	mm
	MQ	232.65	kg/mm		MQ	74.1	kg/mm

Sumber: Laboratorium teknik sipil Universitas Bojonegoro

3. Penambahan kadar pengujian bahan tambah ban bekas pada campuran lapis aspal beton (laston) AC-BC yang memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu VMA dan *flow*, sedangkan stabilitas, VIM, VFA, MQ tidak memenuhi persyaratan Bina Marga 2018.

#### Saran

Adapun beberapa saran yang dapat saya berikan sebagai masukan khususnya kepada pelaksana kegiatan sebagai berikut :

1. Masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang “Pengaruh Penambahan Limbah Ban Dalam Bekas Kendaraan pada Laston (AC-BC) terhadap Karakteristik Marshall”
2. Agar dilakukan penelitian lanjutan dengan mencari terlebih dahulu kadar aspal optimum (KAO) untuk mendapatkan kualitas campuran lapis aspal beton (laston) yang lebih baik.
3. Agar dilakukan penelitian selanjutnya tentang variasi kadar dari penambahan ban bekas kendaraan.
4. Agar dilakukan penelitian lanjutan dengan melakukan pengujian abrasi terhadap agregat kasar.
5. Agar dilakukan penelitian lanjutan dengan melakukan pengujian karakteristik aspal (penetrasi, titik lembek, titik nyala, titik bakar dan berat jenis).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Blima. 2017. Pengaruh Penambahan Serbuk Ban Bekas Untuk Bahantambah Campuran Atb (Asphalt Treated Base). Jurnal Universitas Negeri Malang.
- Darunifah, Nurkhayati. 2007. Pengaruh Bahan Tambahan Karet Padat Terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Heet Wearing Course ( HRS - WC ). Semarang : Tesis Universitas Diponegoro.
- Faisal, Shaleh.S.M, Isya.M., 2014. Karakteristik Marshall Campuran Aspal Beton AC-BC Menggunakan Material Agregat Basalt Dengan Aspal Pen. 60/70 dan Tambahan Parutan Ban Dalam Bekas Kendaraan Roda 4. Jurnal. Aceh: Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.
- Pangestu,T.P., 2012, Karakteristik Aspal Modifikasi Polimer AC 50/70 Menggunakan Agregat Lokal Bantak Pada Lalu Lintas Berat, Proyek Akhir, Program Studi Teknik Sipil Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.

- SNI 03-1968-1990. Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- SNI 03 1970-1990. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 06-2489-1991 Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall [8] Spesifikasi umum Bina Marga 2018 untuk pekerjaan jalan dan jembatan