

Analisis Karakteristik Marshall Pada Laston AC-BC Dengan Penggunaan Bahan Zeolit Sebagai Filler

Hermon Frederik Tambunan¹, Febi Pitriani²

¹²Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sumatera

Jalan Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Kecamatan Jatiagung, Lampung Selatan 35365

hermon.tambunan@si.itera.ac.id

ABSTRAK

Perencanaan jalan raya harus menggunakan perkerasan jalan yang memiliki stabilitas yang cukup untuk memikul beban lalu lintas. Perkerasan jalan yang biasanya sering digunakan di Indonesia adalah campuran lapis aspal beton (Laston) atau sering disebut *Asphaltic Concrete* (AC). Material yang sering digunakan sebagai *filler* pada campuran lapis aspal beton adalah semen, kapur dan abu batu, karena material tersebut sering digunakan sehingga semakin mahal. Untuk itu, perlu ada inovasi baru menggunakan alternatif bahan lain sebagai *filler*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan bahan zeolit terhadap karakteristik parameter *Marshall* pada lapis *Asphaltic Concrete Binder Course* (AC-BC). Metode penelitian ini menggunakan kadar *filler* zeolit dan semen masing-masing sebesar 6% dengan 5 variasi kadar aspal yaitu 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% menggunakan suhu 160°C dan suhu 135°C.

Dari hasil penelitian karakteristik *Marshall* suhu 160°C menggunakan *filler* semen sebesar 6% pada KAO 5,25% nilai stabilitas sebesar 1370 kg dan nilai *flow* sebesar 4,34 mm, hasil karakteristik *Marshall* suhu 160°C menggunakan *filler* zeolit sebesar 6% pada KAO 6,25% nilai stabilitas sebesar 1585 kg dan nilai *flow* sebesar 3,9 mm sedangkan pada suhu 135°C menggunakan *filler* zeolit sebesar 6% pada KAO 6,35% nilai stabilitas sebesar 1180 kg dan nilai *flow* sebesar 3,6 mm namun nilai VIM didapatkan sebesar 6,05% dan VFA sebesar 66,5%.

Kata kunci : Laston AC-BC, Zeolit, Karakteristik *Marshall*, Campuran Aspal

ABSTRACT

Highway planning must use road pavement which has sufficient stability to carry traffic loads. Road Pavement which is often used in Indonesia is a mixture of asphalt concrete (Laston) or often called *Asphaltic Concrete* (AC). Material that is often used as a filler in a mixture of asphalt concrete is cement, lime and stone ash, because the material is often used so that it is more expensive. For this reason, there needs to be new innovations using alternative ingredients as fillers.

This study was conducted to determine how much influence the use of zeolite materials on the characteristics of *Marshall* parameters on the *Asphaltic Concrete Binder Course* (AC-BC) layer. This research method uses zeolite and cement filler levels of 6% each with 5 variations of asphalt content, namely 4.5%, 5%, 5.5%, 6% and 6.5% using temperatures of 160°C and temperatures of 135°C.

From the results of the study the characteristics of *Marshall* temperature 160°C using a 6% cement filler at KAO 5.25% the stability value of 1370 kg and the flow value of 4.34 mm, the results of the *Marshall* characteristic temperature of 160°C using a 6% zeolite fillers at KAO 6.25% stability value of 1585 kg and flow values of 3.9 mm while at 135°C using a 6% zeolite fillers at 6.35% KAO stability values of 1180 kg and flow value of 3.6 mm but the VIM value obtained at 6.05% and VFA of 66.5%.

Keywords: Laston AC-BC, Zeolit, *Marshall* Characteristics, Asphalt mixture

1. PENDAHULUAN

Campuran aspal beton termasuk jenis konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan - perbandingan tertentu

dan dicampurkan. *Filler* mempunyai pengaruh yang signifikan pada campuran perkerasan jalan, karena *filler* mengisi rongga dalam campuran aspal. Bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal merupakan

bahan yang lolos saringan #200 (0,0075 mm) dan mempunyai sifat non plastis.

Material yang sering digunakan sebagai *filler* pada campuran lapis aspal beton adalah semen, kapur dan abu batu, karena material tersebut sering digunakan sehingga persediaannya semakin mahal.

Untuk itu, perlu ada inovasi baru menggunakan alternatif bahan lain sebagai *filler* yang masih cukup banyak persediaannya dan diusahakan lebih ekonomis. Salah satu bahan alternatif yang digunakan sebagai *filler* adalah zeolit. Zeolit merupakan suatu kelompok mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal pada batuan beku.

Indonesia merupakan salah satu Negara kepulauan dengan cadangan zeolit terbesar didunia dan tersebar hampir disetiap daerah (Distamben Jabar, 2002 dan sugih, 2008). Potensi penyebaran zeolit di Indonesia paling utama berada di Jawa Barat dan Lampung. Di provinsi Lampung berada didaerah Campang Tiga dan Talang Baru dengan total potensi sebesar 127 juta ton terdiri dari sumber daya terukur sebesar 27 juta ton dan sumber daya tereka sebesar 100 juta ton.

Pada penelitian ini, untuk mengetahui perbandingan dan pengaruh penggunaan bahan pengisi (*filler*) berupa bahan zeolit pada campuran aspal beton *Asphaltic Concrete Binder Course* (AC-BC) dengan menggunakan analisis karakteristik parameter pengujian *Marshall* yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga Edisi 2010 Divisi 6. Penelitian ini diharapkan mampu mengetahui perbedaan pengaruh penggunaan bahan pengisi (*filler*) berupa bahan zeolit. Pada penelitian ini menggunakan bahan zeolit yang belum teraktivasi berasal dari Cv. Minatama Lampung Selatan dan bahan pengikat berupa aspal *Shell* Pen 60/70.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Aspal Beton (*Asphalt Concrete*) adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari

campuran agregat dan aspal sebagai bahan pengikat dan agregat sebagai bahan pengisi, yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas atau dingin dengan suhu tertentu. Temperatur adalah faktor utama dalam pemeriksaan yang akan menentukan temperatur pemadatan. Temperatur pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal apa yang digunakan. Zeolit adalah suatu kelompok mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal pada batuan beku. Zeolit merupakan Kristal alumina silica yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi dengan rongga didalamnya. Struktur kerangka zeolit tersusun atas unit-unit tetrahedral (AlO_4) - 5 dan (SiO_4) - 4 yang saling berkaitan melalui atom oksigen membentuk pori-pori zeolit.

Berdasarkan bahan baku pemanfaatannya, zeolit dibagi kedalam 2 jenis, yaitu :

1. Zeolit Alam

Zeolit alam terbentuk karena proses perubahan alam (zeolitasi), dari batuan vulkanik. Zeolit alam banyak ditemukan dalam bentuk batuan sedimen sebagai hasil alterasi debu - debu vulkanis (mengandung Si) oleh air danau asin. Pada awalnya zeolit alam sudah banyak digunakan untuk pupuk dan penjernihan air.

2. Zeolit Sintesis

Zeolit Sintesis adalah suatu senyawa kimia yang mempunyai sifat fisik dan kimia yang sama dengan zeolit alam, terbuat dari bahan lain dengan proses sintesis dimodifikasi sedemikian rupa menyerupai zeolit yang ada di alam. Zeolit sintesis merupakan usaha yang dilakukan karena zeolit alam sudah banyak dimanfaatkan sehingga jumlahnya semakin berkurang (Kusumaningtyas, 2003).

Pada penelitian ini digunakan zeolit yang berasal dari daerah Lampung Selatan sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran lapisan aspal beton (Laston) AC-BC gradasi halus. Pada dasarnya Lampung merupakan salah satu daerah penghasil zeolit terbesar di Indonesia.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi Teknik Sipil Institut Teknologi Sumatera yang meliputi pengujian material dan pembuatan benda uji campuran beraspal serta pengujian karakteristik parameter Marshall.

3.1 Pengujian Agregat

Agregat yang digunakan berasal dari PT. Sumber Batu Berkah Kabupaten Lampung Selatan. Pengujian sifat fisik agregat terdiri dari : Berat jenis penyerapan agregat halus dan kasar, Keausan agregat (*abrasi*) dan Indeks kepipihan dan kelonjongan.

3.2 Pengujian Aspal

Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal produksi *Shell* pen 60/70. Pengujian

Tabel 1. Komposisi Gradasi Campuran AC-BC

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos		
(Inchi)	(mm)	Batas Atas	Batas Tengah	Batas Bawah
1,5	37,5	-	-	-
1	25	100	100	100
¾	19	100	95	90
½	12,5	90	82	74
3/8	9,5	82	73	64
#4	4,75	64	55,5	47
#8	2,36	49	41,8	34,6
#16	1,18	38	33,15	28,3
#30	0,6	28	24,35	20,7
#50	0,3	20	16,85	13,7
#100	0,15	13	8,5	4
#200	0,075	8	6	4
Pan		0	0	

a. Penentuan Variasi Kadar Aspal Rencana (Pb)

Menghitung perkiraan awal kadar aspal dengan persamaan berikut :

$$Pb = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K$$

Hasil nilai kadar aspal optimum (Pb) dibulatkan, diambil 5 kadar aspal yang ditentukan dengan nilai Pb sebagai nilai tengah, Kemudian diambil 4 kadar aspal lainnya (yaitu $\pm 0,5\%$). Variasi kadar aspal yang digunakan yaitu 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%.

b. Pembuatan dan Pengujian Benda Uji Campuran Beraspal

sifat – sifat fisik aspal terdiri dari : Berat jenis aspal, Titik lembek, Daktilitas, Penetrasi dan Kehilangan berat.

3.3 Pengujian Filler

Filler yang digunakan adalah semen portland dan zeolit yang belum diaktivasi dari Cv. Minatama Lampung Selatan. Pengujian filler terdiri dari : Berat jenis semen portland, berat jenis zeolit dan uji *Atterberg* zeolit.

3.4 Perencanaan Campuran

Pada penelitian ini gradasi campuran agregat yang digunakan adalah gradasi campuran AC-BC. Perencanaan campuran AC-BC dilakukan dengan melihat batas atas dan batas bawah dari setiap berat lolos saringan dan diambil nilai tengah untuk mendapatkan nilai fraksi optimum sesuai dengan spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6.

Benda uji yang dibuat pada penelitian ini terdiri dari :

- Benda uji dengan *filler* semen portland menggunakan variasi Pb sejumlah 15 benda uji suhu pencampuran 160°C dan suhu pemadatan 145°C
- Benda uji dengan *filler* zeolit menggunakan Pb suhu pencampuran 160°C dan suhu pemadatan 145°C
- Benda uji dengan *filler* zeolit menggunakan Pb suhu pencampuran 135°C dan suhu pemadatan 120°C

Setelah itu dilanjutkan dengan uji *Marshall* untuk menentukan KAO pada benda uji yang dibuat dengan bahan pengisi (*filler*) semen portland dan zeolit. Lalu dilanjutkan

pembuatan benda uji menggunakan KAO dengan *filler* zeolit dan semen portland masing – masing berjumlah 6 benda uji untuk pengujian Indeks Stabilitas Sisa (IRS) dan selanjutnya dilakukan uji *Marshall* untuk mendapatkan nilai IRS.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Agregat

Hasil pengujian agregat disajikan pada Tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian	Hasil		Syarat	Capaian
	Agregat Kasar	Agregat Halus		
Tes Abrasi (%)	16,55		Maks 40 %	Memenuhi
Partikel Pipih dan Lonjong (%)	20,48		Maks 25 %	Memenuhi
Berat Jenis :				
1. Bulk	2.54	2.54	Min 2.5%	Memenuhi
2. SSD	2.57	2.62	Min 2.5%	Memenuhi
3. Apparent	2.6	2.77	Min 2.5%	Memenuhi
4. % Penyerapan	0.9	3.3	Maks 3% (Agregat kasar)	Memenuhi
			Maks 5% (Agregat halus)	Memenuhi

Sumber: Hasil Analisa, 2019

4.2 Pengujian Aspal Shell

Hasil pengujian aspal disajikan pada Tabel berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Aspal

Jenis Pengujian Aspal	Hasil	Syarat	Capaian
Penetrasi, 25°C (mm)	66,9	60-70	Memenuhi
Berat Jenis	1.021	≥1	Memenuhi
Titik Lembek, (°C)	50	≥48	Memenuhi
Daktilitas (cm)	140,7	≥100	Memenuhi
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991)			
Berat yang Hilang (%)	0,011	Maksimum 0,8%	Memenuhi

Sumber: Hasil Analisa, 2019

4.3 Pengujian Filler

Hasil pengujian *filler* disajikan pada beberapa Tabel berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Berat Jenis Filler

Jenis Pengujian Filler	Hasil	Syarat	Capaian
BJ Semen Portland	3.15	SNI 03-2460-1991	Memenuhi
BJ Zeolit	2.3	-	-

Sumber: Hasil Analisa, 2019

Tabel 5. Hasil Pengujian *Atterberg*

Jenis Pengujian	Hasil (%)
<i>Liquid Limit</i>	67,69
<i>Plastic Limit</i>	56,53
<i>Plastic Indeks</i>	11,18

Sumber: Hasil Analisa, 2019

Berdasarkan hasil *Atterberg* zeolit yang diuji dengan batas cair (*Liquid Limit*) sebesar 67,69 dan *Plastic Indeks* sebesar 11,18

termasuk kedalam kelompok MH & OH yaitu lanau berplastis tinggi.

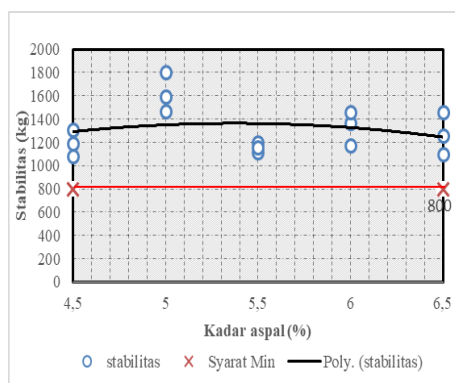
4.4 Hasil Pengujian *Marshall* Campuran Aspal dengan *Filler* Semen Portland

Rekapitulasi hasil pengujian *Marshall* campuran aspal dengan *filler* semen portland disajikan pada Tabel berikut :

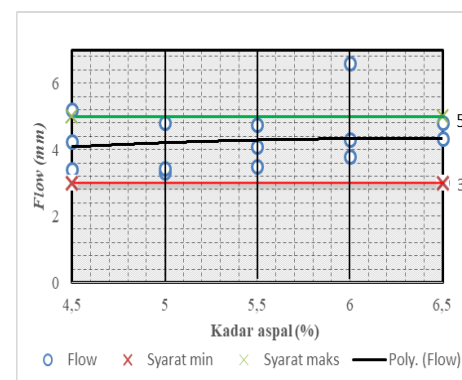
Tabel 6. Hasil Pengujian *Marshall* Campuran Aspal dengan Semen Portland

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VFA (%)	VMA (%)
4,5	1191,34	4,28	278,13	10,13	43,73	18,01
5	1619,13	3,86	419,83	7,00	56,8	16,21
5,5	1173,12	4,12	284,74	3,75	74,00	14,42
6	1333,23	4,90	272,09	3,62	76,34	15,32
6,5	1275,74	4,06	313,96	2,07	86,10	14,89
Spesifikasi	>800	3 - 5	> 250	3 - 5	>65	>14

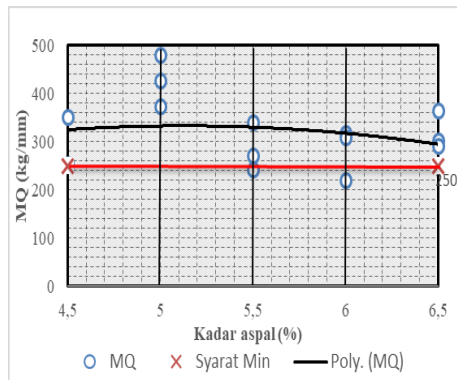
Sumber: Hasil Analisa, 2019



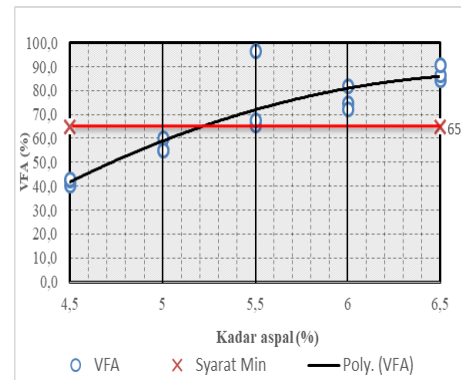
Gambar 1. Grafik Hasil Stabilitas dan Flow pada Pengujian *Marshall* Campuran Aspal dengan filler Semen Portland
Sumber: Hasil Analisa, 2019



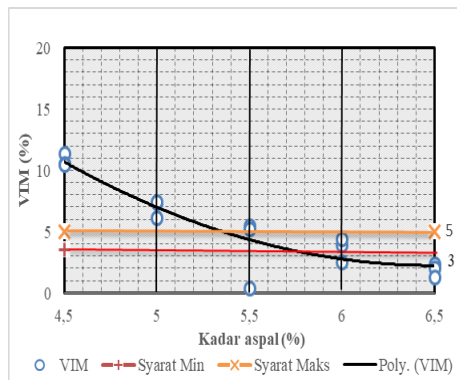
Gambar 2. Grafik Hasil Stabilitas pada Pengujian *Marshall* Campuran Aspal dengan filler Semen Portland
Sumber: Hasil Analisa, 2019



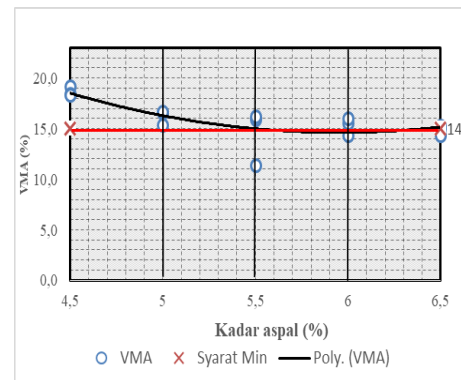
Gambar 3. Grafik Hasil MQ pada Pengujian *Marshall* Campuran Aspal dengan filler Semen Portland
Sumber: Hasil Analisa, 2019



Gambar 5. Grafik Hasil VFA pada Pengujian *Marshall* Campuran Aspal dengan filler Semen Portland.
Sumber: Hasil Analisa, 2019



Gambar 4. Grafik Hasil VIM pada Pengujian *Marshall* Campuran Aspal dengan filler Semen Portland.
Sumber: Hasil Analisa, 2019



Gambar 6. Grafik Hasil VMA pada Pengujian *Marshall* Campuran Aspal dengan filler Semen Portland.
Sumber: Hasil Analisa, 2019

Hasil karakteristik *Marshall* menggunakan filler semen memenuhi persyaratan pada Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,25% yang dapat dilihat pada Gambar 6.

Parameter <i>Marshall</i>	Kadar Aspal				
	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Stabilitas	<	<	<	<	>
Flow	<	<	<	<	>
MQ	<	<	<	<	>
VIM	<	<	<	<	>
VMA	<	<	<	<	>
VFA	<	<	<	<	>
KAO		5,25%			

Gambar 6. Grafik Pita Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan Semen Portland,
Sumber: Hasil Analisa, 2019

Pengujian Indeks Stabilitas Sisa (IRS) dengan *filler* semen portland yaitu menggunakan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan *filler* semen portland yang telah didapatkan sebelumnya yaitu sebesar 5,25%, dimana hasil pengujian IRS dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji IRS dengan Semen Portland

Kadar Aspal	Nomor Benda Uji	Lama Rendaman	Stabilitas (kg)	Hasil IRS
5,25%	1	30 menit	1333,83	87,54%
	2	30 menit	1644,28	
	3	30 menit	1131,00	
	Rata-rata		1369,70	
	4	24 jam	1254,03	
	5	24 jam	1309,78	
	6	24 jam	1033,44	
	Rata-rata		1199,08	

Sumber: Hasil Analisa, 2019

4.5 Hasil Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan Filler Zeolit

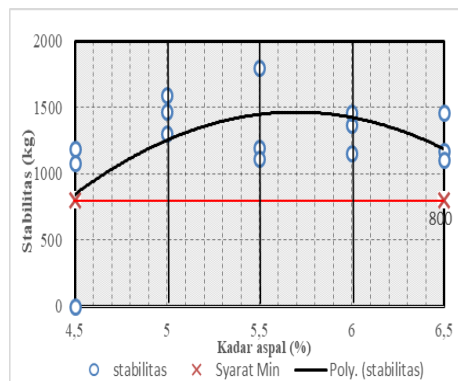
Rekapitulasi hasil pengujian Marshall campuran aspal dengan *filler* zeolit disajikan pada Tabel berikut :

Tabel 8. Hasil Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan Filler Zeolit

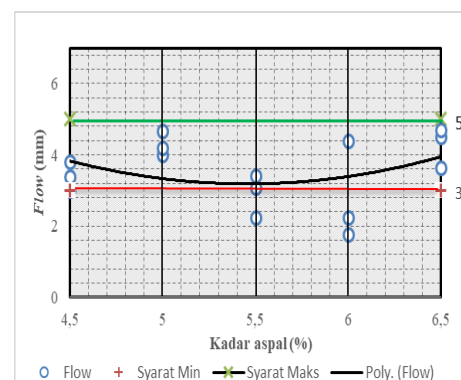
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VFA (%)	VMA (%)
4,5	1031,53	3,40	303,69	11,58	39,70	19,20
5	1368,40	4,28	320,62	9,69	47,59	18,49
5,5	1526,58	2,92	541,58	6,16	62,31	16,34
6	1566,70	2,80	635,21	4,35	72,43	15,77
6,5	1376,68	4,29	325,12	4,13	74,96	16,48
Spesifikasi	>800	3 – 5	> 250	3 - 5	>65	>14

Sumber: Hasil Analisa, 2019

Sumber: Hasil Analisa, 2019

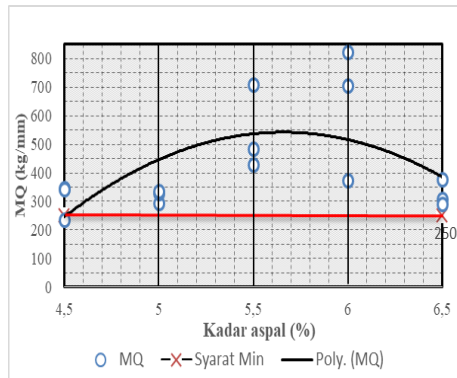


Gambar 7. Grafik Hasil Stabilitas pada Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan filler Zeolit



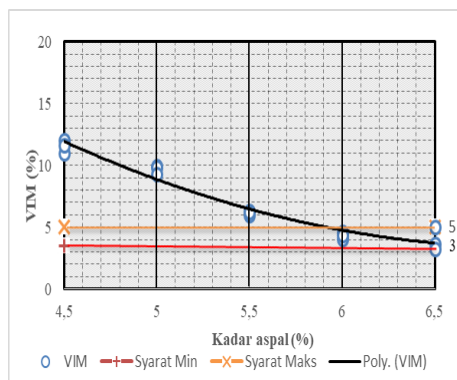
Gambar 8. Grafik Hasil Flow pada Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan filler Zeolit.

Sumber: Hasil Analisa, 2019



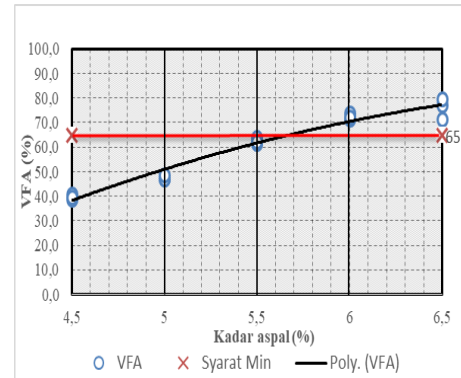
Gambar9. Grafik Hasil MQ pada Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan filler Semen Zeolit

Sumber: Hasil Analisa, 2019



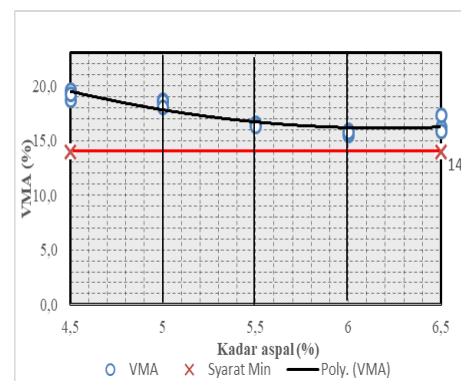
Gambar10. Grafik Hasil VIM pada Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan filler zeolit.

Sumber: Hasil Analisa, 2019



Gambar 11. Grafik Hasil VFA pada Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan filler zeolit.

Sumber: Hasil Analisa, 2019



Gambar12. Grafik Hasil VMA pada Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan filler zeolit.

Sumber: Hasil Analisa, 2019

Hasil karakteristik Marshall menggunakan filler zeolit memenuhi persyaratan pada Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,25% yang dapat dilihat pada Gambar 13.

Parameter Marshall	Kadar Aspal				
	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Stabilitas	←				→
Flow	←				→
MQ	←				→
VIM				←	→
VMA	←				→
VFA		←		↓	↓
KAO				6%	6,25%

Gambar 13. Grafik Pita Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan Zeolit
Sumber: Hasil Analisa, 2019

Pengujian Indeks Stabilitas Sisa (IRS) dengan *fillerzeolit* yaitu menggunakan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan *filler* semen portland yang telah didapatkan sebelumnya yaitu sebesar 6,25%, dimana hasil pengujian IRS dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji IRS dengan Zeolit

Kadar Aspal	Nomor Benda Uji	Lama Rendaman	Stabilitas (kg)	Hasil IRS
6,25%	1	30 menit	1493,83	103,68%
	2	30 menit	1388,55	
	3	30 menit	1446,18	
	Rata-rata		1442,85	
	4	24 jam	1705,44	
	5	24 jam	1251,73	
	6	24 jam	1530,62	
	Rata-rata		1495,93	

Sumber: Hasil Analisa, 2019

4.6 Hasil Pengujian Marshall Campuran

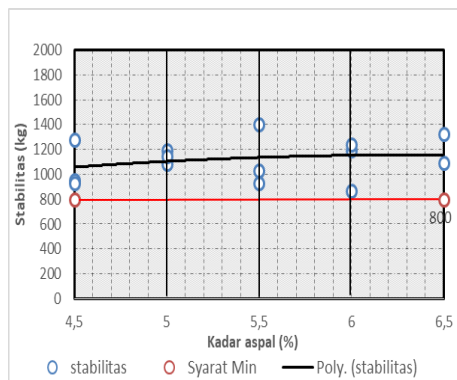
Aspal dengan *Filler* Zeolit Suhu 135°C

Rekapitulasi hasil pengujian Marshall campuran aspal dengan *filler* zeolit disajikan pada Tabel berikut :

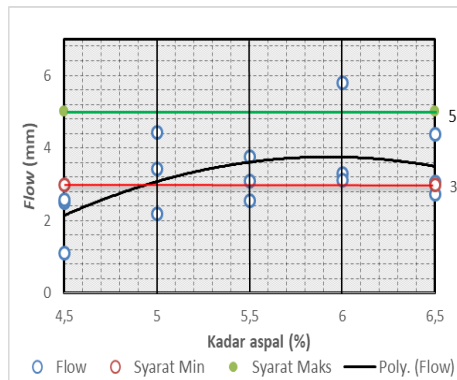
Tabel 10. Hasil Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan Zeolit Suhu 135°C

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VFA (%)	VMA (%)
4,5	1047,71	2,08	504,51	11,28	40,40	18,93
5	1143,46	3,36	365,85	9,36	48,56	18,19
5,5	1119,93	3,14	366,82	9,12	51,96	18,98
6	1096,19	4,08	286,07	7,19	60,65	18,28
6,5	1229,18	3,41	379,98	5,08	70,66	17,31
Spesifikasi	>800	3 - 5	> 250	3 - 5	>65	>14

Sumber: Hasil Analisa, 2019

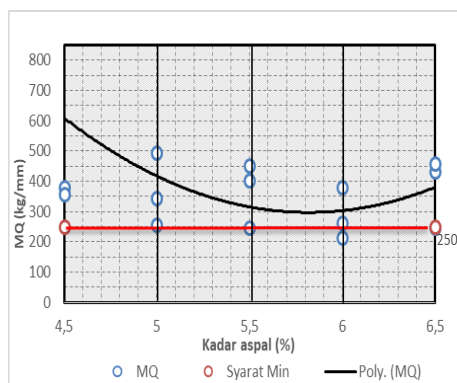


Gambar 14. Grafik Hasil Stabilitas pada Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan filler Zeolit Pada suhu 135°C
Sumber: Hasil Analisa, 2019



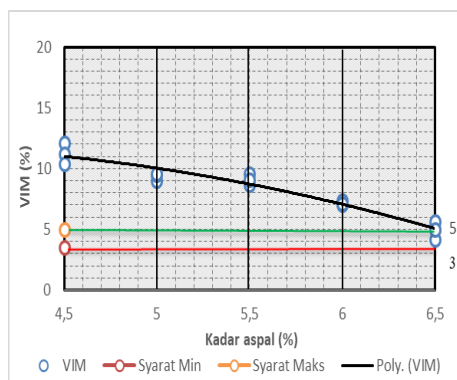
Gambar 15. Grafik Hasil Flow pada Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan filler Zeolit Pada suhu 135°C

Sumber: HasilAnalisa, 2019

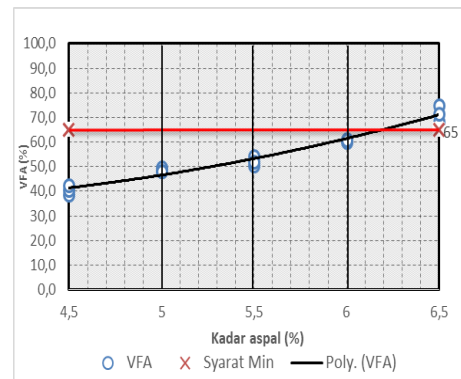


Gambar 16. Grafik Hasil MQ pada Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan filler Zeolit Pada suhu 135°C

Sumber: HasilAnalisa, 2019

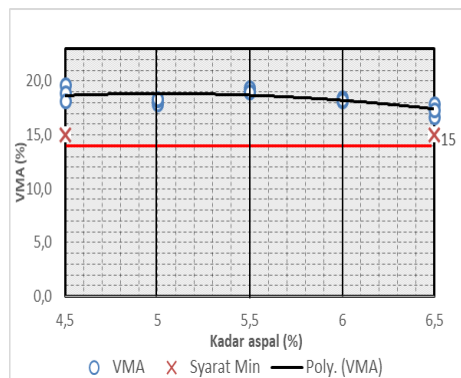


Gambar 17. Grafik Hasil VIM pada Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan filler Zeolit Pada suhu 135°C, Sumber: Hasil Analisa, 2019



Gambar 18. Grafik Hasil VIM pada Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan filler Zeolit Pada suhu 135°C

Sumber: HasilAnalisa, 2019



Gambar 19. Grafik Hasil VMA pada Pengujian Marshall Campuran Aspal dengan filler Zeolit Pada suhu 135°C, Sumber: Hasil Analisa, 2019

Hasil karakteristik Marshall menggunakan filler zeolit memenuhi persyaratan pada Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,35% yang dapat dilihat pada Gambar 20.

Parameter <i>Marshall</i>	Kadar Aspal				
	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Stabilitas	<				>
Flow		<			>
MQ	<				>
VIM					
VMA	<				>
VFA					>
KAO					6.35%

Gambar 20. Grafik Pita Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan Zeolit Suhu 135°C
Sumber: Hasil Analisa, 2019

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitiandapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Hasil karakteristik *Marshall* menggunakan *filler* semen sebesar 6% memenuhi persyaratan pada Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,25% dan didapatkan nilai *Index of Retained Strength* (IRS) sebesar 87,54% yang tidak memenuhi syarat.
- Hasil karakteristik *Marshall* menggunakan *filler* zeolit sebesar 6% memenuhi persyaratan pada Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,25% dan didapatkan nilai *Index of Retained Strength* (IRS) sebesar 103,68% yang memenuhi syarat.
- Dari hasil penelitian karakteristik *Marshall* suhu 160°C menggunakan *filler* semen sebesar 6% pada KAO 5,25% nilai stabilitas sebesar 1370 kg dan nilai *flow* sebesar 4,34 mm, hasil karakteristik *Marshall* suhu 160°C menggunakan *filler* zeolit sebesar 6% pada KAO 6,25% nilai stabilitas sebesar 1585 kg dan nilai *flow* sebesar 3,9 mm

sedangkan pada suhu 135°C menggunakan *filler* zeolit sebesar 6% pada KAO 6,35% nilai stabilitas sebesar 1180 kg dan nilai *flow* sebesar 3,6 mm namun nilai VIM didapatkan sebesar 6,05% dan VFA sebesar 66,5%.

- Berdasarkan hasil pengujian *Atterberg* didapatkan nilai plastis sebesar 11,38 yang menunjukkan zeolit bersifat plastis, secara syarat karakteristik *Marshall* bahan zeolit memenuhi standar.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian, ada beberapa saran yang dapat diberikan sebagai berikut :

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai durabilitas campuran dengan *filler* zeolit untuk mengetahui keawetan campuran ini.
- Perlu dilakukan aktivasi terhadap zeolit sebelum digunakan agar membersihkan dari pori-pori zeolit dan membuang senyawa kotor sehingga zeolit dapat berfungsi dengan baik.
- Perlu dilakukan penelitian selanjutnya mengenai aspal

- porous* menggunakan bahan zeolit.
- iv. Perlu menggunakan *mixer* yang termodifikasi untuk memudahkan pencampuran aspal.
 - v. Perlu menggunakan metode duplo minimal menggunakan 3 sampel agar mendapatkan hasil yang akurat.
 - vi. Perlu diperhatikan lebih teliti pada suhu pencampuran dan pemadatan saat proses pembuatan benda uji agar mendapatkan hasil yang lebih baik dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C-128 *Standart test method for materials, Specific gravity and absorbtion of coarse aggregate*, Annual Book of ASTM Standards, USA, 2002.
- Dur, Sajaratud. 2018. Zeolite Processing As Heavy Material. *Jurnal Sains Matematika dan Terapan*. 1(2): 33- 45.
- EAPA (European Asphalt Pavement Association). 2010. *The Use of Warm Mix Asphalt*. Belgia.
- Krebs, RD and Walker, 1971. *Highway Material*. Mc Graw Hill.
- Nurani, Puri. 2015. *Pengaruh Penambahan Zeolit Alam Terhadap Karakteristik Campuran Warm Mix Asphalt*.
- Petunjuk Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya, Bina Marga (SKBI-2.4.26.1987), Jakarta. Dirjen Bina Marga. 2010. Spesifikasi Divisi 6 Seksi 6.3 Campuran Aspal Panas. Direktorat Jenderal Bina Marga. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Sudarsono, DU. 1987. *Konstruksi Jalan Raya Cetakan ke 4*. YBPPU.
- Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Grafika Yuana Marga : Bandung.