

Pemanfaatan Limbah Styrofoam sebagai Bahan Aditif pada Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)

Siti Wulan Sari¹, Muflihah Mantasa², Jamiluddin Jabir³, Elihami⁴
(Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Enrekang, Indonesia)

E-mail: ¹stwlnsari11@gmail.com, ²mufly508@gmail.com, ³c99jamil@gmail.com

Abstrak

Faktor penting yang mempengaruhi kesejahteraan setara salah satunya adalah infrastruktur jalan. Material yang digunakan pada proses pembuatan jalan berupa penggunaan aspal dan agregat, yang berdampak pada ketersediaan aspal yang ada. Untuk mengurangi penggunaan aspal maka digunakan aspal modifikasi. *Styrofoam* adalah salah satu dari banyak bahan yang dapat digunakan untuk mencampur aspal karena memiliki sifat kaku, ringan, dan murah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh campuran *styrofoam* pada suatu mutu perkerasan AC-WC dengan metode Marshall. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental yang dilakukan dengan pembuatan benda uji sesuai dengan standar dan peraturan yang berlaku. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan *styrofoam* sebanyak 5% dapat memberikan nilai positif terhadap mutu perkerasan lentur berupa nilai tambah pada karakteristik Marshall yaitu VMA, VFA, VIM, Flow, Stabilitas, dan Marshall Quotient (MQ). Adanya penambahan *styrofoam* menunjukkan bahwa campuran aspal + *styrofoam* memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga 2018.

Kata Kunci: Limbah Styrofoam, Aspal AC-WC, Marshall

Abstract

One important factor that influences equitable welfare is road infrastructure. The materials used in the road construction process include asphalt and aggregate, which affects the availability of asphalt. To reduce the use of asphalt modified asphalt is utilized. Styrofoam is one of the many materials that can be used to mix with asphalt because it has rigid, lightweight and inexpensive properties. The purpose of this study was to determine the effect of styrofoam mixture on an AC-WC pavement quality with the Marshall method. The method used in this research is the experimental method, which is carried out by creating test specimens in accordance with applicable standards and regulations. The results of the research indicate that the addition of 5% styrofoam can positively impact the quality of flexible pavement, reflected in the added value to the Marshall characteristics, namely VMA, VFA, VIM, Flow, Stability, and Marshall Quotient (MQ). The addition of styrofoam indicates that the asphalt + styrofoam mixture meets the requirements of the 2018 Bina Marga Specifications.

Keywords: Styrofoam waste, AC-WC asphalt, Marshall

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Faktor penting yang mempengaruhi kesejahteraan yang setara salah satunya adalah infrastruktur jalan. Jalan berfungsi sebagai jalur transportasi darat yang menghubungkan berbagai wilayah. Jalan juga berfungsi untuk menyalurkan segala kebutuhan dan logistik yang diperlukan untuk mencapai kesejahteraan yang sama. Suatu jalan dikatakan baik apabila memberikan kenyamanan dan keamanan bagi pengguna jalan. Material yang digunakan pada proses pembuatan jalan adalah salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas jalan, dan kualitas jalan dapat mempengaruhi tingkat kelancaran transportasi di jalan tersebut. Proses pembuatan jalan raya menggunakan aspal dan agregat yang berdampak pada ketersediaan aspal di dunia.

Aspal yang digunakan di Indonesia mencapai 1,06 juta ton pertahun dari tahun 2016 hingga 2021 dengan 176.048 ton aspal Kilang Cilacap dan 51.493 ton asbuton dari Pulau Buton. Sebagian besar aspal dan asbuton diimpor sebesar 0,5% dan sisanya 83% diimpor melalui Pertamina dan perusahaan swasta. Untuk mengurangi jumlah aspal yang gunakan maka perlu adanya aspal modifikasi yang terbuat dari aspal minyak dan ditambahkan berbagai bahan tambah untuk meningkatkan kinerja aspal. Aspal modifikasi juga dapat terdiri dari campuran material lain yang digunakan sebagai bahan dasar. *Styrofoam* adalah salah satu dari banyak bahan yang bisadigunakan untuk mencampur aspal.

Styrofoam mempunyai sifat kaku, ringan, dan murah. *Styrofoam* banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari tetapi tidak banyak digunakan untuk membuat aspal modifikasi. Di masa sekarang, *styrofoam* digunakan untuk banyak hal termasuk pengemasan makanan, perangkat elektronik, dekorasi, dan bahan bangunan. Pencemaran lingkungan akan terus terjadi jika pengelolaan *styrofoam* tidak diimbangi dengan penggunaan *styrofoam* itu sendiri.

Tujuan Penelitian

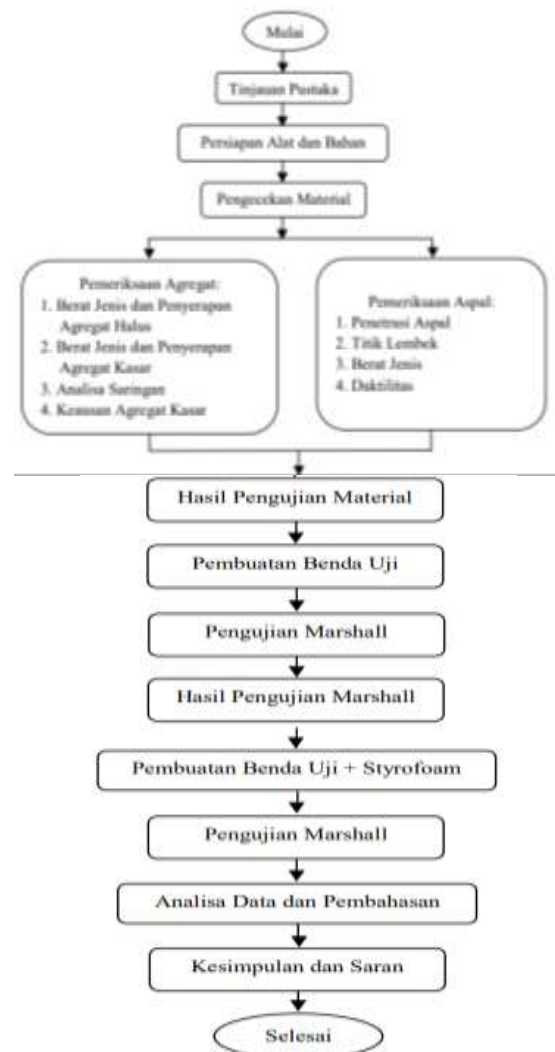
Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui mutu perkerasan lentur dengan penambahan *styrofoam* sebagai bahan aditif pada AC-WC.
2. Untuk mengetahui pengaruh campuran *styrofoam* sebesar 5% dari Kadar Aspal Optimum pada suatu mutu perkerasan AC-WC dengan metode Marshall.

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan selama penelitian ditunjukkan seperti Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Laboratorium Bahan Jalan dan Jembatan

Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional Sulawesi Selatan.

Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan dari tanggal 17 April 2024 sampai dengan 7 Juni 2024.

Teknik Analisis Data

Adapun cara untuk analisis data pada penelitian ini yaitu:

1. Persiapan Alat dan Bahan
Tahapan persiapan meliputi penyiapan bahan seperti agregat kasar serta agregat halus, aspal, dan limbah *styrofoam* serta penyiapan peralatan yang akan digunakan untuk pengujian.
2. Pemeriksaan Agregat
Pemeriksaan agregat terdiri dari:
 - a. Analisa saringan agregat kasar dan analisa saringan agregat halus
 - b. Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar
 - c. Berat jenis dan penyerapan air agregat halus
 - d. Keausan agregat kasar dengan mesin Los Angeles
3. Pemeriksaan Aspal
Pemeriksaan aspal terdiri dari:
 - a. Penetrasi
 - b. Titik Lembek
 - c. Berat Jenis
 - d. Daktilitas
4. Pengujian Marshall
Marshall Test digunakan untuk desain dan evaluasi dalam campuran aspal.

Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui hasil sifat berupa *Density*, VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Flow, dan Marshall Quotient (MQ).

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan selama penelitian ini yaitu:

1. Menentukan kadar agregat yang termasuk dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2.
2. Pembuatan benda uji campuran aspal tahap pertama penentuan KAO pada kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% masing-masing.
3. Marshall tahap pertama merupakan pengujian yang menentukan nilai karakteristik Marshall serta nilai KAO.
4. Setelah mencapai kadar aspal optimu, dilakukan persiapan benda uji dengan menambahkan *styrofoam* sebanyak 5% untuk setiap kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%.
5. Uji Marshall tahap kedua merupakan pengujian untuk mengetahui sifat Marshall untuk campuran aspal + *styrofoam*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian pada karakteristik agregat berupa analisa saringan, berat jenis dan penyerapan air, serta keausan agregat menggunakan mesin los angeles. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Pemeriksaan Agregat Kasar Batu Pecah 10 – 20 mm

Agregat Kasar 10-20 mm			
Pengujian	Hasil	Batas	Keterangan
Berat Jenis Curah	2,54	≥ 2,5	OK
Berat jenis SSD	2,60	≥ 2,5	OK
Berat Jenis Semu	2,69	≥ 2,5	OK
Penyerapan Air	2,10	≤ 3%	OK
Keausan	3,30	≤ 40%	OK

Sumber: Hasil pengujian

Tabel 2. Pemeriksaan Agregat Kasar Batu Pecah 05 – 10 mm

Agegat Kasar 5-10 mm				
No	Pengujian	Hasil	Batas	Keterangan
1	Berat Jenis Curah	2,53	$\geq 2,5$	OK
2	Berat jenis SSD	2,58	$\geq 2,5$	OK
3	Berat Jenis Semu	2,68	$\geq 2,5$	OK
4	Penyerapan Air	2,17	$\leq 3\%$	OK

Sumber: Hasil pengujian

Tabel 3. Pemeriksaan Agregat Abu Batu

Agegat Halus Abu Batu				
No	Pengujian	Hasil	Batas	Keterangan
1	Berat Jenis Curah	2,52	$\geq 2,5$	OK
2	Berat jenis SSD	2,58	$\geq 2,5$	OK
3	Berat Jenis Semu	2,69	$\geq 2,5$	OK
4	Penyerapan Air	2,49	$\leq 3\%$	OK

Sumber: Hasil pengujian

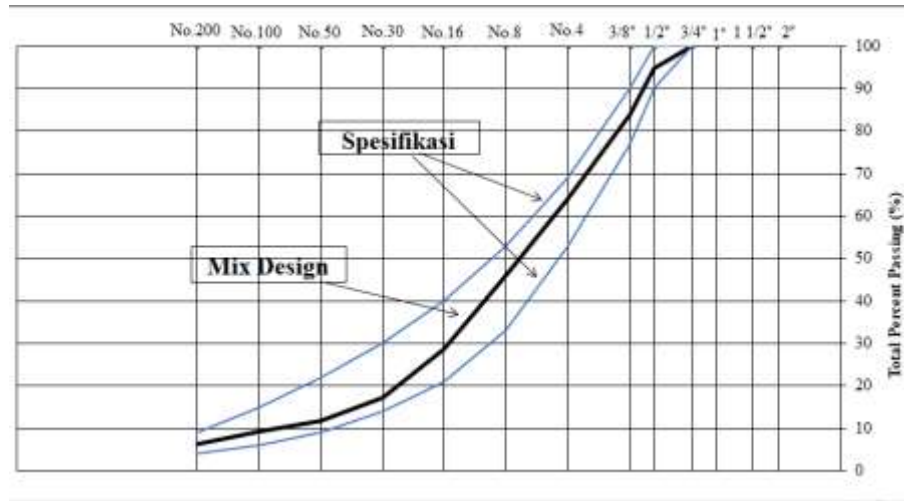
Untuk menghitung hasil proporsi pada suatu campuran AC-WC, maka digunakan hasil dari pengujian analisa

saringan. Tabel dan grafik berikut menunjukkan persentase penggabungan agegat (*combined aggregate*):

Tabel 4. Persentasi Penggabungan Agregat

Perhitungan Presentasi Lolos Agregat							
No Saringan	1-2 cm	0,5-1 cm	Abu Batu	Filler Semen	Combined Gradation	Gradasi	
	12%	43%	44%	1%		Min	Maks
	E	F	G	H			
1"	12	43	44	1	100	-	-
3/4"	11,49	43	44	1	99,49	100	100
1/2"	4,96	43	44	1	92,96	90	100
3/8"	1,66	42,91	44,00	1	89,57	77	90
No. 4	0	19,91	43,54	1	64,45	53	69
No. 8	0	7,83	34,57	1	43,40	33	53
N6.10	0	5,23	31,20	1	37,43	-	-
No. 16	0	3,07	22,09	1	26,16	21	40
No. 30	0	1,13	13,39	1	15,52	14	30
No.40	0	0,73	10,71	1	12,44	-	-
No. 50	0	0,40	9,07	1	10,47	9	22
No. 100	0	0,12	5,24	1	6,36	6	15
No. 200	0	0,00	4,06	0,96	5,06	4	9

Sumber: Hasil pengujian



Gambar 2. Proporsi Campuran Agregat

Grafik penggabungan menunjukkan bahwa proporsi campuran masuk ke dalam batas atas serta batas bawah, yang menunjukkan bahwa proporsi campuran sesuai dengan spesifikasi AC-WC.

Pengujian Karakteristik Aspal

Hasil dari pengujian aspal penetrasi 60/70 yang digunakan dalam campuran penelitian ini, terlihat sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Uji Karakteristik Aspal

PENGUJIAN ASPAL					
No.	Pengujian Aspal	Syarat		Hasil	Keterangan
		Min	Maks		
1	Penetrasi 60/70	60	70	67	Memenuhi
2	Titik Lembek	48	-	48,9	Memenuhi
3	Daktalitas	100	-	117	Memenuhi
4	Berat Jenis	1	-	1,027	Memenuhi

Sumber: Hasil pengujian

Variasi Campuran

Untuk menentukan kadar aspal rencana diperlukan data proporsi agregat pada tiap

fraksi. Berikut ini adalah jumlah proporsi agregat pada setiap fraksi perhitungan:

Tabel 6. Varian campuran aspal normal

Material	Kadar Aspal				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram
Berat kadar aspal	60,0	66,0	72,0	78,0	84,0
Berat agregat 10-20 mm	136,8	136,1	135,4	134,6	133,9
Berat agregat 5-10 mm	490,2	487,6	485,0	482,5	479,9
Berat agregat abu batu	501,6	499,0	496,3	493,7	491,0
Filler	11,4	11,3	11,3	11,2	11,2

Total	1200	1200	1200	1200	1200
-------	------	------	------	------	------

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 7. Varian campuran aspal + styrofoam

Material	Kadar Aspal + Styrofoam				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
	Gram	Gram	Gram	Gram	Gram
Berat kadar aspal	56,3	62,3	68,3	74,3	80,3
Berat kadar styrofoam	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Berat agregat 10-20 mm	136,8	136,1	135,4	134,6	133,9
Berat agregat 5-10 mm	490,2	487,6	485,0	482,5	479,9
Berat agregat abu batu	501,6	499,0	496,3	493,7	491,0
Filler	11,4	11,3	11,3	11,2	11,2
Total	1200	1200	1200	1200	1200

Sumber: Hasil perhitungan

Penentuan Kadar Aspal Optimum

Hasil pengujian dari kadar aspal 5% sampai dengan 7% untuk menentukan nilai KAO di tunjukkan di bawah ini:

Tabel 8. Pengujian Kadar Aspal Optimum

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
Density	2,236	2,275	2,286	2,286	2,289
VIM	7,51	5,24	4,12	3,39	2,63
VMA	16,06	15,05	15,11	15,51	15,89
VFA	53,22	65,20	72,71	78,15	83,43
Stabilitas	1014,50	1087,15	1124,11	1185,29	1097,34
Flow	2,80	2,89	3,28	3,60	3,88
MQ	362,39	376,17	343,61	329,72	283,18

Sumber: Hasil pengujian

Pengujian Marshall Campuran Styrofoam

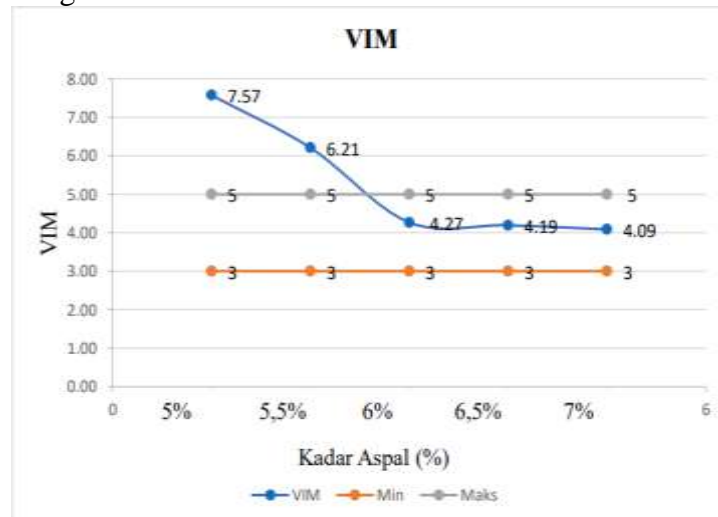
Tabel 9. Pengujian Marshall Campuran Aspal + Styrofoam

Nomor Benda Uji	Kadar Aspal Terhadap Berat Campuran	Kepadatan (density)	VIM	VMA	VFA	Terhadap Kalibrasi Alat	Flow	MQ
	(%)							
A I	5.00	2.24	7.56	16.07	52.93	1006.86	2.83	355.78
A II	5.00	2.24	7.54	16.05	53.02	1022.15	2.77	369.01
Rata-rata		2.24	7.55	16.06	52.97	1014.50	2.80	362.39
B I	5.50	2.28	5.25	15.03	65.06	1098.62	2.91	377.53

Nomor	Kadar Aspal	Kepadatan	VIM	VMA	VFA	Terhadap	Flow	MQ
B II	5.50	2.27	5.31	15.08	64.81	1075.68	2.87	374.80
Rata-rata		2.28	5.28	15.05	64.94	1087.15	2.89	376.17
C I	6.00	2.28	4.27	15.21	71.91	1119.01	3.44	325.29
C II	6.00	2.29	4.06	15.02	72.98	1129.21	3.12	361.93
Rata-rata		2.29	4.16	15.11	72.44	1124.11	3.28	343.61
D I	6.50	2.29	3.50	15.57	77.50	1175.09	3.61	325.51
D II	6.50	2.29	3.35	15.44	78.29	1195.48	3.58	333.93
Rata-rata		2.29	3.43	15.51	77.89	1185.29	3.60	329.72
E I	7.00	2.29	2.65	15.87	83.28	1108.82	3.91	283.58
E II	7.00	2.29	2.69	15.91	83.07	1085.87	3.84	282.78
Rata-rata		2.29	2.67	15.89	83.18	1097.34	3.88	283.18

Sumber: Hasil pengujian

1. Hasil Styrofoam dengan VIM

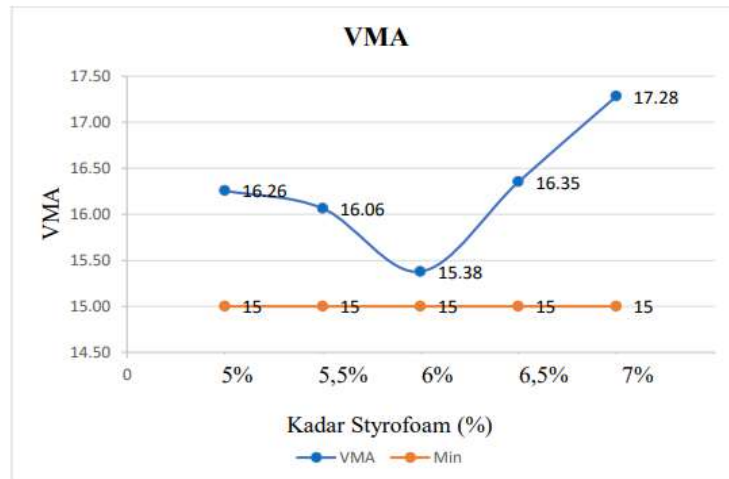


Gambar 3. Grafik VIM pada campuran aspal + styrofoam

Nilai VIM yang lebih tinggi dari standar akan mengalami pengelupasan pada partikel (*reveling*) dan pengelupasan permukaan (*stripping*) karena lapisan rongga dasar yang kurang rapat. Pada saat

yang sama, nilai VIM yang rendah akan menyebabkan berkurangnya kedekatan air serta udara yang mudah menyebabkan oksidasi serta kerusakan pada lapisan perkerasan.

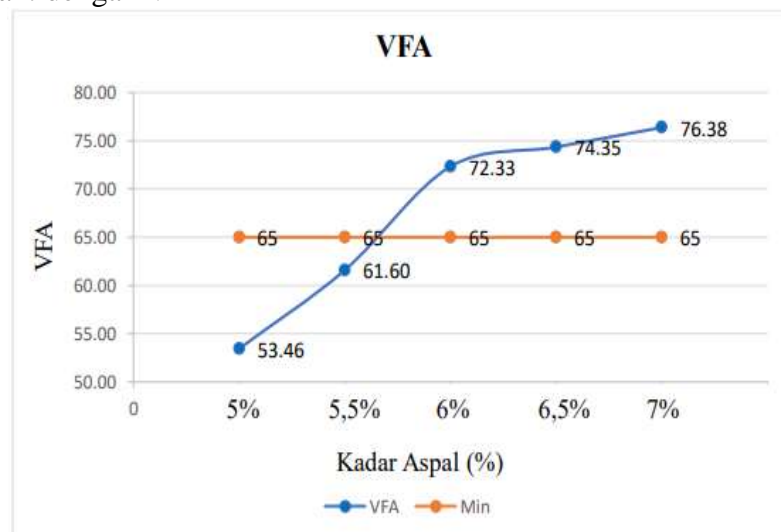
2. Hasil Styrofoam dengan VMA



Gambar 4. Grafik VMA pada campuran aspal + *styrofoam*

Berdasarkan grafik diatas terlihat nilai VMA pada 5% sebesar 16,25%, 5,5% sebesar 16,06%, 6% sebesar 15,38%, 6,5% sebesar 16,35%, dan 7% sebesar 17,28%. Meningkatnya nilai VMA disebabkan oleh sifat aspal yang bercampur dengan *styrofoam* yang terlalu lama dipanaskan pada suhu tinggi.

3. Hasil *Styrofoam* dengan VFA

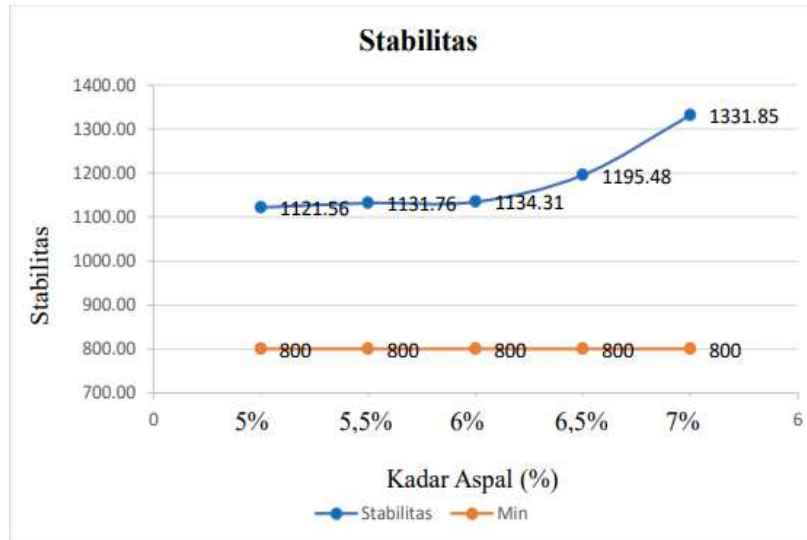


Gambar 5. Grafik VFA pada campuran aspal + *styrofoam*

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa terdapat tren kenaikan nilai dari kadar terendah ke nilai kadar tertinggi. Kenaikan nilai VFA dipengaruhi oleh perbandingan aspal + *styrofoam*, semakin tinggi penambahan *styrofoam* maka nilai

VFA juga akan semakin tinggi. Nilai VFA berbanding terbalik dengan nilai VIM, dimana semakin rendah nilai VIM maka semakin tinggi nilai VFA.

4. Hasil *Styrofoam* dengan Stabilitas

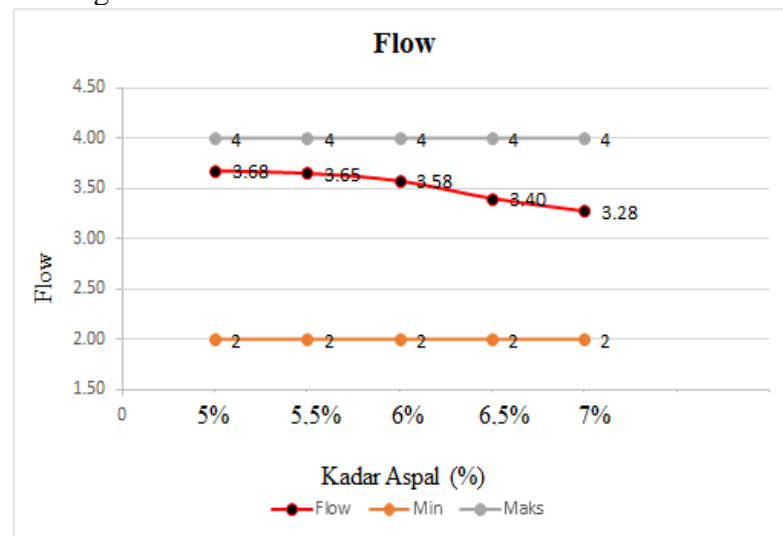


Gambar 6. Grafik Stabilitas pada campuran aspal + styrofoam

Terlihat bahwa nilai stabilitas yang diperoleh setiap kadar aspal styrofoam mengalami kenaikan. Nilai stabilitas tertinggi berada pada campuran styrofoam 7% sebesar 1586,75 kg. Nilai stabilitas terendah berada pada campuran 5% dengan

nilai 1121,56 kg. Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 nilai stabilitas minimum adalah 800 kg, dengan demikian campuran ini memenuhi persyaratan stabilitas minimum.

5. Hasil Styrofoam dengan Flow

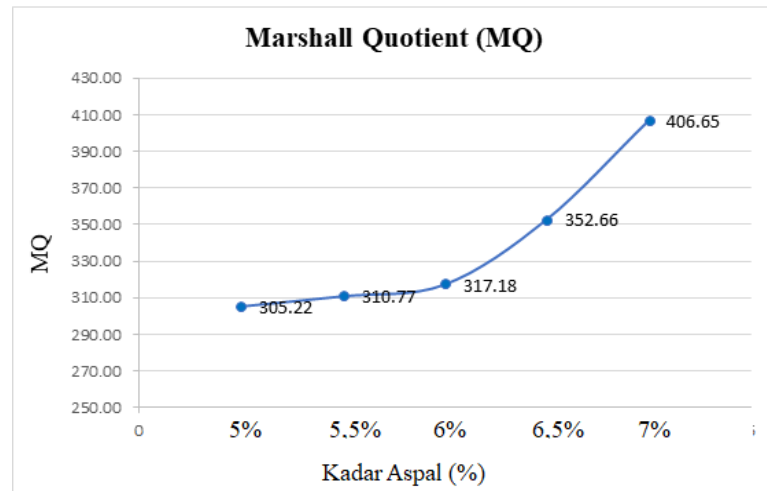


Gambar 7. Grafik Flow pada campuran aspal + styrofoam

Nilai Flow tertinggi berada pada aspal + styrofoam 5% sebesar 3,68, sedangkan nilai flow terendah terdapat pada aspal + styrofoam 7% sebesar 3,28. Nilai flow juga dipengaruhi oleh kadar rongga campuran. Semakin banyak rongga pada

suatu campuran, semakin besar kemungkinan campuran mengalami kegagalan selama di uji dengan pembebanan.

6. Hasil Styrofoam dengan Marshall Quotient (MQ)

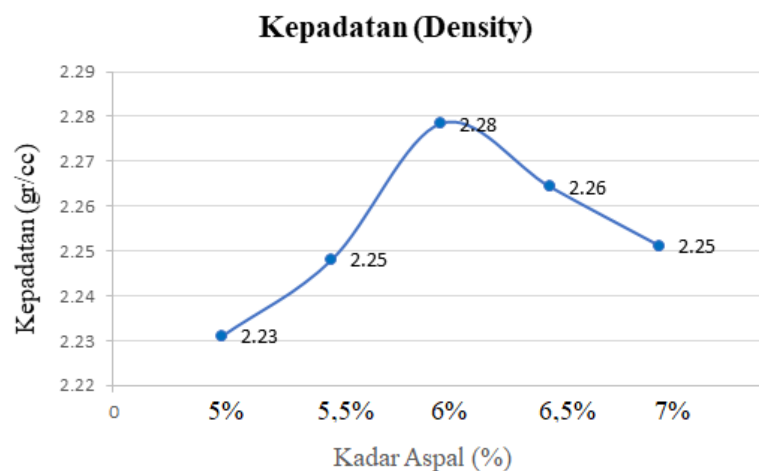


Gambar 8. Grafik MQ pada campuran aspal + styrofoam

Marshall Quotient adalah rasio stabilitas yang digunakan sebagai indikator pencampuran. Semakin tinggi nilai yang diperoleh maka semakin kaku campuran

tersebut. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai MQ berupa pembagian partikel agregat, bentuk agregat, kadar aspal, dan temperature pemdatan.

7. Hasil Styrofoam dengan Density (Kepadatan)



Gambar 9. Grafik MQ pada campuran aspal + styrofoam

Dari hasil grafik di atas, nilai *density* (kepadatan) yang tinggi terdapat pada kadar aspal + styrofoam 6% sebesar 2,28 gr/cc, sedangkan nilai yang rendah pada kadar aspal + styrofoam 5% sebesar 2,23 gr/cc.

SIMPULAN

Berdasarkan dari hasil serta pembahasan yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang diperoleh yaitu:

1. Penambahan *styrofoam* sebagai bahan aditif pada *Asphalt Concrete - Wearing*

Course (AC-WC) memberikan pengaruh positif terhadap mutu perkerasan lentur. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisis Marshall Test yang menunjukkan bahwa semakin banyak persentase penambahan *styrofoam* maka akan memberikan nilai tambah pada VMA, VFA, Stabilitas dan Marshall Quotient (MQ).

2. Adapun pengaruh campuran *styrofoam* sebesar 5% dari Kadar Aspal Optimum pada suatu mutu perkerasan AC-WC dengan metode Marshall antara lain:

- a. Nilai *density* pada campuran kadar aspal *styrofoam* 5% sebesar 2,23 gr/cc, kadar aspal *styrofoam* 5,5% sebesar 2,25 gr/cc, kadar aspal *styrofoam* 6% sebesar 2,28 gr/cc, kadar aspal *styrofoam* 6,5% sebesar 2,26 gr/cc, kadar aspal *styrofoam* 7% sebesar 2,25 gr/cc.
- b. Nilai VIM yang tidak memenuhi standar yaitu campuran aspal *styrofoam* 5% dan 5,5% karena rongga pada sampel (briket) terlalu banyak.
- c. Nilai VMA pada campuran kadar aspal *styrofoam* 5% sebesar 16,26%, kadar aspal *styrofoam* 5,5% sebesar 16,06%, kadar aspal *styrofoam* 6% sebesar 15,38%, kadar aspal *styrofoam* 6,5% sebesar 16,35%, dan kadar aspal *styrofoam* 7% sebesar 17,28%.
- d. Nilai VFA pada campuran kadar aspal *styrofoam* 5% sebesar 52,23%, kadar aspal *styrofoam* 5,5% sebesar 60,36%, kadar aspal *styrofoam* 6% sebesar 15,38%, kadar aspal *styrofoam* 6,5% sebesar 16,35%, dan kadar aspal *styrofoam* 7% sebesar 17,28%.
- e. Nilai Stabilitas pada campuran aspal + *styrofoam* 5% sebesar 1121,56 kg, kadar aspal *styrofoam* 5,5% sebesar 1131,76 kg, kadar aspal *styrofoam* 6% sebesar 1134,31 kg, kadar aspal *styrofoam* 6,5% sebesar 1195,48 kg, dan kadar aspal *styrofoam* 7% sebesar 1586,75 kg.
- f. Dari pengujian campuran kadar aspal *styrofoam* didapatkan nilai flow kadar aspal *styrofoam* 5% sebesar 3,68 mm, kadar aspal *styrofoam* 5,5% sebesar 3,65 mm, kadar aspal *styrofoam* 6% sebesar 3,58 mm, kadar aspal *styrofoam* 6,5% sebesar 3,40 mm, kadar aspal *styrofoam* 7% sebesar 3,28 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Directorate General of Highways. (2020). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Ministry of Public Works and Housing, Oktober, 1036. Effendi, S. (1982). Unsur-unsur penelitian ilmiah. Dalam Masri Singarimbun (Ed.). *Metode penelitian survei*. Jakarta: LP3ES.
- [2] Adly, E. (2016). Styrofoam sebagai Pengganti Aspal Penetrasi 60 / 70 dengan Kadar 0 %, Centre.Civil and Electrical Engineering Journal, 11(1), 41–49. Jayanti, K., & Senam, S. (2017). Studi kinerja guru lulusan Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Negeri Yogyakarta di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 3(1), 63-69. doi:<http://dx.doi.org/10.21831/jipi.v3i1.13686>
- [3] Dian Kurniasari, F., & Mahyar, H. (2022). Pemanfaatan Limbah Styrofoam untuk Substitusi Aspal Pen 60/70 pada Laston dengan Metode Pencampuran Basah dan Kering. *Serambi Engineering*, VII(1), 2–7.
- [4] Hermawa, R., & Ismaili, A. F. (2019). Pemanfaatan Limbah Styrofoam sebagai Bahan Additive pada Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Terhadap Karakteristik Marshall. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Teknologi Yogyakarta. Retnawati, H. (2014). *Teori respon butir dan penerapannya*. Yogyakarta: Nuha Medika.
- [5] Mashuri. (2010). Karakteristik Aspal Sebagai Bahan Peng Ikat Yang Ditambahkan Styro Foam. Karakteristik Aspal Sebagai Bahan Peng Ikat Yang Ditambahkan Styro Foam, 8, 1–12. <https://media.neliti.com/media/publications/222250-karakteristik-aspal-sebagai-bahan-pengik.pdf>
- [6] Soehartono. (2015). Teknologi Aspal dan Penggunaannya (Maya (ed.)). CV ANDI OFFSET.
- [7] Sulaiman, S., Utami, R., & Yulianti, N. P. (2018). Karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course akibat penambahan Karet Alam Padat SIR20 dengan Metode Eksperimental. Industrial Research Workshop and National Seminar, 203–207