

Pengaruh Penambahan Styrofoam pada Campuran AC-WC Menggunakan Batu Sungai Pattunuang Maros

Sukur Dian Permasi ^{*1}, Alpius ^{*2}, Louise Elizabeth Radjawane ^{*3}

^{*1} Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia sukurdianpermasi@gmail.com

^{*2,3} Dosen Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia alpiusnini@gmail.com dan eliz_louise@yahoo.com

Corresponding Author: sukurdianpermasi@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan *Styrofoam* sebagai bahan tambah Adiktif pada campuran AC-WC dengan menggunakan Batu Sungai Pattunuang Kabupaten Maros sebagai material, metode penelitian yang digunakan adalah serangkaian pengujian *Marshall* konvensional, Hasil penelitian dengan penambahan variasi kadar *Styrofoam* 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dengan komposisi agregat kasar 36,90%, agregat halus 50%30, *filler* 5,8%, dengan kadar variasi aspal yang digunakan 5,5 % diperoleh karakteristik campuran AC-WC pada pengujian *Marshall* konvensional diperoleh Stabilitas, *flow*, VIM, VMA dan VFB memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018.

Kata Kunci : Karakteristik, Penambahan *Styrofoam*, AC-WC.

Abstract

This study focuses on knowing how the effect of adding Styrofoam as an additive added to the AC-WC mixture using Pattunuang River Stone, Maros Regency as a material, the research method used is a series of conventional Marshall tests, the results of the research with the plan to add variations in Styrofoam content 0%, 1 %, 2%, 3%, 4% with a composition of 36.90% coarse aggregate, 50% 30 fine aggregate, 5.8% filler, with varying levels of asphalt used 5.5% so as to obtain the characteristics of the AC-WC mixture in the test Conventional marshall obtained Stability, flow, VIM, VMA and VFB meet the 2018 Bina Marga Specifications.

Keywords : *Characteristics, Addition of Styrofoam, AC-WC.*

PENDAHULUAN

Munculnya inovasi-inovasi pemanfaatan limbah yang tidak terpakai untuk meningkatkan mutu campuran perkerasan beraspal sudah banyak diteliti salah satu bahan tambah yang diketahui dapat berpengaruh baik pada campuran beraspal adalah *Styrofoam* atau yang biasa dikenal dengan busa plastik dimana dengan penambahan *Styrofoam* dapat berpengaruh pada daya lekat aspal yang membentuk bahan pengikat dimana diketahui sifat dari *styrofoam* sendiri mirip dengan aspal ketika berada pada suhu ruangan bentuknya akan memadat namun akan mencair pada suhu yang tinggi. sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan *Styrofoam* sebagai bahan tambah Adiktif pada campuran AC-WC dengan menggunakan Batu Sungai Pattunuang Kabupaten Maros sebagai material dengan kadar aspal 5,5%. Karakteristik Pengujian *Marshall* pada campuran AC-WC mengacu pada spesifikasi yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga 2018, dimana diharuskan dapat memenuhi nilai hasil pengujian Stabilitas ($\geq$

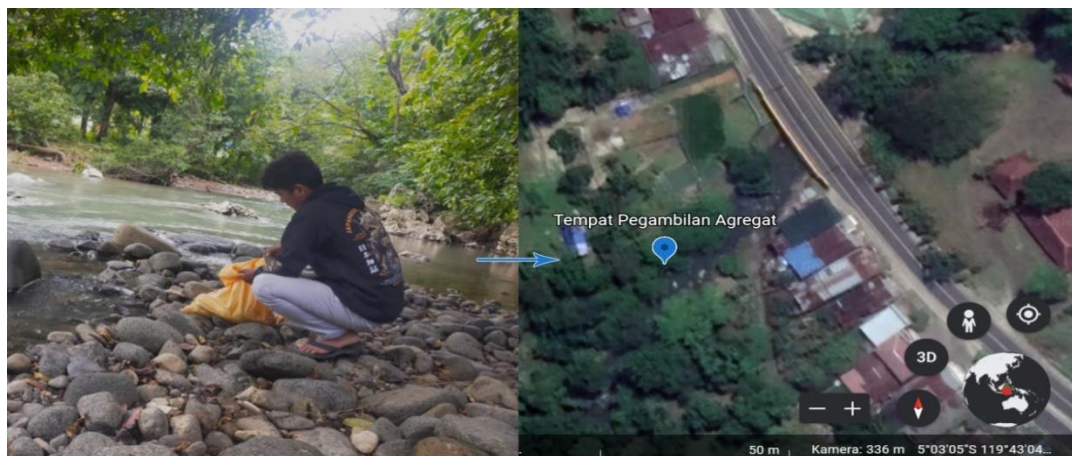
800 kg), *Flow* (≥ 3 mm), *VIM* (3-5%), *VMA* ($\geq 15\%$) , *VFB* ($\geq 65\%$) dan *Marshall Quotient* (250 kg/mm) sebagai standar dalam pengujian.

METODOLOGI

1. Pengambilan dan Persiapan Material

a. Agregat

Pengambilan bebatuan yang akan digunakan sebagai agregat berlokasi pada sungai Pattunuang kabupaten Maros, dimana selanjutnya akan dibawa untuk dilakukan pengujian pada laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Agregat

b. Aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini aspal penetrasi 60/70.

c. Styrofoam

Styrofoam yang digunakan adalah *Styrofoam* bekas, yang akan diuji pada laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar.

d. Persiapan Material

Persiapan material meliputi agregat yang dikumpulkan dari Sungai Pattunuang Maros berupa material batuan, kemudian dilakukan pemecahan material untuk mendapatkan ukuran agregat yang dibutuhkan sesuai dengan standar dan spesifikasi campuran AC-WC.

2. Pemeriksaan Karakteristik Agregat (Data Sekunder)

Karakteristik agregat didapatkan dari hasil pengujian Dienstag (2021) sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

No.	Pengujian	Metode	Spesifikasi Umum 2018		Satuan	Hasil Penelitian
			Min	Maks		
1.	Keausan Agregat	SNI 2417:2008	-	40	%	3,82
	Fraksi A					5,14
	Fraksi B					3,90
	Fraksi C					5,28

Fraksi D						
2.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar					
			2,5	-		2,76
		SNI	2,5	-		2,82
	Bulk	1969-2008	2,5	-	%	2,93
	SSD		-	3		2,13
Apparent Penyerapan						
2.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus					
			2,5	-		2,59
		SNI	2,5	-		2,65
	Bulk	1970-2008	2,5	-	%	2,75
	SSD		-	3		2,36
Apparent Penyerapan						
3.	Analisis Saringan					
	3/4"		-	-		
			100			
	1/2"		90	100		95,63
	3/8"	SNI ASTM	77	90	%	85,90
	No.4	C136:2012	53	69		74,53
	No.8		33	53		59,82
	No.16		21	40		43,78
	No.30		14	30		31,09
	No.50		9	22		23,08
	No.100		6	15		15,38
	No.200		4	9		8,08
	PAN		0	0		4,05
4.	Hasil Uji Agregat Ayakan					
	Lolos	SNI ASTM	-	10	%	5,6
	No.200	C117:2012				
5.	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus					
		SNI 03-4428-1997			%	
	<i>Sand Equivalent</i>		60	-		96,39
6.	Kadar Lumpur					
			-	30		3,61
	Partikel Pipih					
	3/4"					7,52
	1/2"	ASTM D-4791-10	-	10	%	8,85
	3/8"					5,75
	1/4"					-
	Partikel Lonjong					
	3/4"		-	10	%	5,82
	1/2"					7,81
7.	3/8"					
						6,95
8.	1/4"					
						-
7.	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal					
		SNI 2439-2011	95	-	%	98
8.	Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i> Semen					
		SNI 03-1969-1990	-	-	%	2,82

3. Pemeriksaan Karakteristik Aspal (Data Sekunder)

Berikut adalah hasil dari pemeriksaan karakteristik aspal yang didapatkan dari hasil pengujian (data sekunder).

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi Aspal		Satuan
			Modifikasi Min	Maks	
Penetrasi pada suhu 25 °c	SNI 2456-2011	65,7	40	70	0,1 Mm
Daktilitas Pada Suhu 25°C	SNI 2432-2011	150	≥100		Cm
Titik Lembek Aspal	SNI 2434-2011	54	≥48		°C
Titik Nyala (°c)	SNI 2433-2011	290	≥232		°C
Berat Jenis	SNI 2441-2011	1,016	≥1		-
Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	0,184	≤ 0,8		%
Penetrasi pada suhu 25 °c TFOT	SNI 03-6835-2002	84,475	71		% Semula

4. Komposisi Campuran

Komposisi campuran yang digunakan dalam campuran beton aspal ini berasal dari data sekunder, dimana Agregat diambil dari Sungai Pattunuang dengan aspal penetrasi 60/70 sebagai bahan pengikat dan semen sebagai bahan pengisi campuran (*filler*) yang tertera pada Tabel 3. dibawah ini:

Tabel 3. Komposisi Campuran AC-WC

Nomor Saringan	Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran	
		Spesifikasi Gradasi (Laston)	
		AC-WC	Gradasi Rancangan Campuran
$1\frac{1}{2}$	37,5		
1	25		
$\frac{3}{4}$	19	100	100
$\frac{1}{2}$	12,5	90 – 100	95
$\frac{3}{8}$	9,5	77- 90	83,5
4	4,75	53 – 69	61
8	2,36	33 – 53	43
16	1,18	21 – 40	30,5
30	0,6	14 – 30	22
50	0,3	9 – 22	15,5
100	0,15	6 -15	10,5
200	0,075	4 – 9	6,5
200	0,075	4 – 9	6,5

5. Kadar Aspal Yang Digunakan Pada Campuran AC-WC

Kadar aspal yang digunakan adalah 5,5%, dimana penggunaan kadar aspal 5,5% bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh *Styrofoam* yang berperan sebagai zat adiktif pada kadar aspal sesuai dengan komposisi Perhitungan Rencana Komposisi Agregat pada data sekunder, seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Agregat Campuran AC-WC (Kadar Aspal 5,5%)

Saringan		Lolos Saringan			Tertahan Saringan			Komposisi Campuran (%)
Inchi	Mm	Spesifikasi (%)	Gradasi Campuran (%)	Proporsi (%)	Proporsi Dalam Campuran (%)	Berat Dalam Campuran (gram)		
1½"	37,500						36,90	Agregat Kasar
1"	25,000							
¾"	19,000	100	100,00					
½"	12,500	90 - 100	95,00	5	4,30	51,60		
⅜"	9,500	77 - 90	83,50	11,5	10,80	129,60		
No.4	4,750	53 - 69	61,00	22,5	21,80	261,60	50,30	Agregat Halus
No.8	2,360	33 - 53	43,00	18	17,30	207,60		
No.16	1,180	21 - 40	30,50	12,5	11,80	141,60		
No.30	0,600	14 - 30	22,00	8,5	7,80	93,60		
No.50	0,300	9 - 22	15,50	6,5	5,80	69,60		
No.100	0,150	6 - 15	10,50	5	4,30	51,60		
No.200	0,075	4 - 9	6,50	4	3,30	39,60		
PAN (Filler)				6,5	5,80	69,60	5,80	Filler
Aspal			5,5		5,5	66,00	5,5	Aspal
Total				100	100,00	1200,00	100,00	

6. Komposisi Campuran AC-WC Dengan Penambahan *Styrofoam*

Komposisi rancangan campuran laston lapis aus adalah dengan penambahan *styrofoam* 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% dari berat keseluruhan aspal yang digunakan dimana didapatkan komposisi variasi *styorofoam* seperti pada tabel 5.

Tabel 5. Komposisi Campuran AC-WC Dengan Penambahan *Styrofoam*

Penambahan <i>Styrofoam</i>	0%	1%	2%	3%	4%
Agregat Kasar (gr)	442,8	442,8	442,8	442,8	442,8
Agregat Halus (gr)	603,4	603,4	603,4	603,4	603,4
Filler (gr)	69,60	69,60	69,60	69,60	69,60
<i>Styrofoam</i> (gr)	0	0,66	1,32	1,98	2,64
Aspal (gr)	66,00	66,00	66,00	66,00	66,00
Total Berat (gr)	1200	1212	1224	1236	1248



Gambar 2. Foto Benda Uji

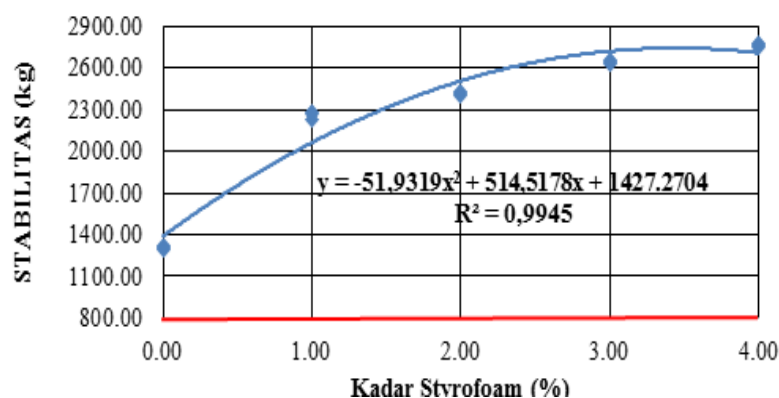
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Karakteristik Campuran AC-WC Dengan Penambahan Styrofoam

a. Analisis terhadap Stabilitas

Serangkaian pengujian *Marshall* Konvensional dengan menggunakan variasi kadar *styrofoam* 0% - 4% diperoleh nilai Stabilitas sebagai berikut :

Kadar *styrofoam* 0% = 1305,74, kadar *styrofoam* 1% = 1395,75, kadar *styrofoam* 2% = 1494,69, kadar *styrofoam* 3% = 1632,50, dan pada kadar *styrofoam* 4% = 1706,70. Sehingga diperoleh persamaan garis yang dapat dilihat seperti Pada Gambar 3.



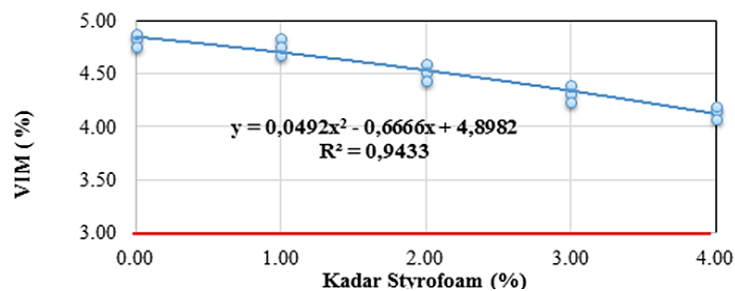
Gambar 3. Hubungan Variasi *Styrofoam* Dengan Stabilitas

Berdasarkan hasil analisis diatas dapat diketahui nilai Stabilitas memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Persamaan garis pada Gambar 3 menunjukkan bahwa penggunaan kadar *styrofoam* mempengaruhi nilai Stabilitas, dimana pada setiap penambahan 1% kadar *Styrofoam* maka nilai Stabilitas juga meningkat

b. Analisis terhadap VIM

Serangkaian pengujian *Marshall* Konvensional dengan menggunakan variasi kadar *styrofoam* 0% - 4% diperoleh nilai VIM sebagai berikut :

Kadar *styrofoam* 0% = 4,82%, kadar *styrofoam* 1% = 4,75%, kadar *styrofoam* 2% = 4,51%, kadar *styrofoam* 3% = 4,31%, dan pada kadar *styrofoam* 4% = 4,14%. Sehingga diperoleh persamaan garis yang dapat dilihat seperti Pada Gambar 4.

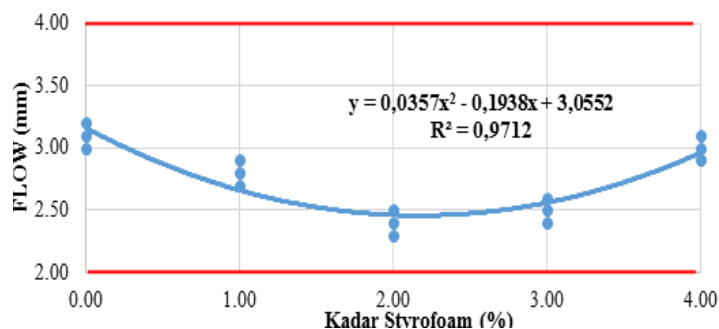
Gambar 4. Hubungan Variasi *Styrofoam* Dengan VIM

Berdasarkan Hasil Analisis pada VIM diketahui bahwa setiap variasi kadar *Styrofoam* memenuhi spesifikasi Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 dimana pada setiap penambahan 1 % variasi kadar *Styrofoam* mempengaruhi nilai dari VIM yang akan semakin kecil apabila variasi kadar *Styrofoam* bertambah.

c. Analisis terhadap *Flow*

Serangkaian pengujian *Marshall* Konvensional dengan menggunakan variasi kadar *styrofoam* 0% - 4% diperoleh nilai *Flow* sebagai berikut :

Kadar *styrofoam* 0% = 3,10 mm, kadar *styrofoam* 1% = 2,80 mm, kadar *styrofoam* 2% = 2,40%, kadar *styrofoam* 3% = 2,50 mm, dan pada kadar *styrofoam* 4% = 3,00 mm. Sehingga diketahui pada setiap penambahan variasi kadar 1% *styrofoam* nilai *Flow* mengalami penurunan dengan persamaan garis yang dapat dilihat seperti Pada Gambar 5.

Gambar 5. Grafik Hubungan Variasi *Styrofoam* dengan *Flow*

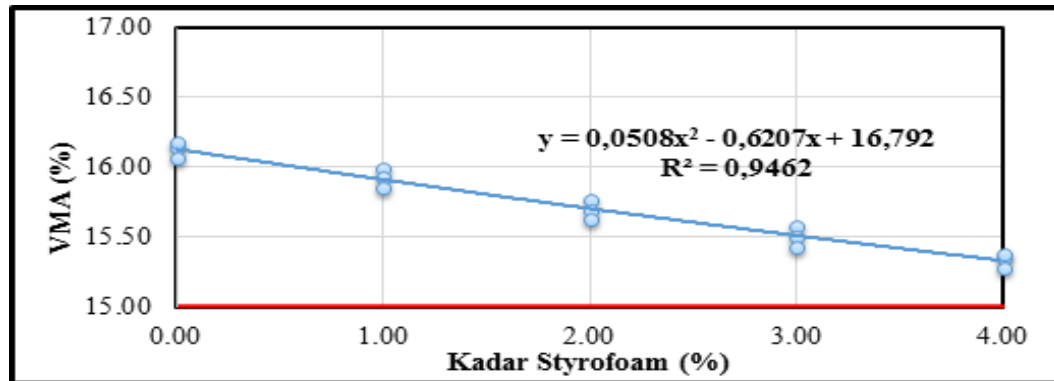
Berdasarkan hasil analisis pada *flow* diketahui bahwa setiap variasi kadar *Styrofoam* memenuhi spesifikasi Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 dimana pada setiap penambahan 1 % variasi kadar *Styrofoam* mempengaruhi nilai dari *Flow* yang berbeda pada variasi kadar *Styrofoam* 0,1 %,2 %,3 % dan 4 %.

d. Analisis terhadap VMA

Serangkaian pengujian *Marshall* Konvensional dengan menggunakan variasi kadar *styrofoam* 0% - 4% diperoleh nilai VMA sebagai berikut :

Kadar *styrofoam* 0% = 16,13%,kadar *styrofoam* 1% = 15,93%, kadar *styrofoam* 2% = 15,70%, kadar *styrofoam* 3% = 15,50%, dan pada kadar *styrofoam* 4% = 15,34%. Sehingga diketahui pada setiap

penambahan variasi kadar 1% *styrofoam* nilai VMA mengalami penurunan dengan persamaan garis yang dapat dilihat seperti Pada Gambar 6. dibawah.

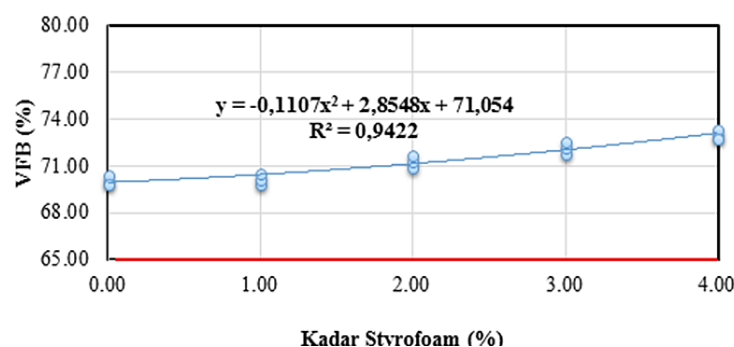


Gambar 6. Grafik Hubungan Variasi *Styrofoam* Dengan VMA Campuran AC-WC

Penggunaan kadar *styrofoam* 0% - 4% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Berdasarkan Gambar 5 diperoleh pada setiap penambahan 1 % variasi kadar *Styrofoam* mempengaruhi nilai dari VMA yang semakin kecil.

e. Analisis terhadap VFB

Hasil serangkaian pengujian *Marshall* Konvensional dengan menggunakan variasi kadar *styrofoam* 0% - 4% diperoleh nilai VFB sebagai berikut kadar *styrofoam* 0% = 70,08%, kadar *styrofoam* 1% = 70,15%, kadar *styrofoam* 2% = 71,26%, kadar *styrofoam* 3% = 72,19%, dan pada kadar *styrofoam* 4% = 73,02%. Sehingga diketahui pada setiap penambahan variasi kadar 1% *styrofoam* nilai VFB mengalami kenaikan dengan persamaan garis yang dapat dilihat seperti Pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hubungan Variasi *Styrofoam* Dengan VFB

Berdasarkan hasil analisis diatas dapat diketahui nilai VFB memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Persamaan garis pada Gambar 6 menunjukkan bahwa penggunaan kadar *styrofoam* mempengaruhi nilai VFB, diperoleh pada setiap penambahan 1% kadar *Styrofoam* maka nilai VFB juga semakin meningkat.

2. Pengaruh *Styrofoam* Terhadap Karakteristik Campuran AC-WC

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada campuran AC-WC menggunakan batu Sungai Pattunuang Kabupaten Maros dengan kadar variasi *styrofoam* yaitu 0, 1%, 2%, 3% dan 4% sebagai bahan tambah diperoleh nilai Stabilitas, VIM, Flow, VMA dan VFB seperti pada table 6. dibawah :

Tabel 6. Hasil Pengujian Karakteristik Campuran AC-WC

Kadar		Stabilitas	VIM	Flow	VMA	VFB
Aspal	Styrofoam					
5,5 %	0	1305,74	4.82	3.10	16.13	70.08
	1	1395,75	4.75	2.80	15.93	70.15
	2	1494,69	4.51	2.40	15.70	71.26
	3	1632,50	4.31	2.50	15.50	72.19
	4	1706,70	4.14	3.00	15.34	73.02
Persyaratan		Min 800 (kg)	3 - 5 (%)	2 - 4 (mm)	Min 15 (%)	Min 65 (%)

Hasil Pengujian yang dilakukan pada campuran AC-WC dengan penambahan variasi kadar *styrofoam* 0, 1%, 2%, 3% dan 4% menunjukkan bahwa pengujian karakteristik memenuhi ketentuan Spesifikasi Bina Marga 2018, namun pada setiap variasi kadar *styrofoam* nilai Stabilitas, VIM, Flow, VMA dan VFB mengalami perubahan yang berbeda pada setiap pengujian karakteristik yang dilakukan. Dari hasil pengujian diperoleh pengaruh *styrofoam* pada karakteristik campuran AC-WC sebagai berikut, Pada Stabilitas dan VFB campuran mengalami peningkatan dari variasi kadar 0, 1%, 2% 3% dan 4% pada setiap penambahan 1% *styrofoam* sehingga dapat diketahui *styrofoam* mempengaruhi daya lekat pada campuran sehingga stabilitas akan semakin meningkat, kadar variasi *styrofoam* yang tercampur dengan aspal akan semakin banyak mengisi rongga yang tersisa dalam campuran sehingga diperoleh nilai VFB yang juga terus meningkat di setiap penambahan 1% kadar *styrofoam*. Sedangkan nilai Flow pada campuran dari hasil pengujian diperoleh penurunan sampai dengan campuran variasi kadar *Styrofoam* 2% ini dipengaruhi dengan penggunaan *Styrofoam* yang berpengaruh baik pada penambahan daya lekat dan kelelahan campuran AC-WC sehingga diperoleh nilai Flow pada setiap campuran dengan variasi kadar *Styrofoam* semuanya memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018. Kemudian nilai VIM dan VMA pada campuran dengan variasi kadar *styrofoam* 0, 1%, 2% 3% dan 4% mengalami penurunan pada setiap penambahan 1% variasi kadar *styrofoam* dalam campuran AC-WC ini dipengaruhi *styrofoam* dalam campuran yang bermanfaat mengisi rongga udara dalam campuran pada saat pembuatan dan pemadatan benda uji dilakukan sehingga berpengaruh pada nilai VIM dan VMA yang semakin kecil pada setiap penambahan 1% variasi kadar *styrofoam* dalam campuran.

KESIMPULAN

Karakteristik Campuran AC-WC dengan aspal penetrasi 60/70 yang menggunakan agregat dari Batu Sungai Pattunuang Kabupaten Maros dengan penambahan limbah *styrofoam* sebagai bahan tambah adiktif memenuhi standar Bina Marga 2018.

Pengaruh penambahan *styrofoam* sebagai bahan tambah pada campuran AC-WC dengan menggunakan agregat batu Sungai Pattunuang Kabupaten Maros melalui pengujian *Marshall* Konvensional yaitu jika kadar variasi *styrofoam* bertambah 1%, maka: nilai Stabilitas meningkat pada setiap penambahan kadar *styrofoam* menyatakan bahwa penambahas variasi *styrofoam* mempengaruhi daya lekat campuran pada setiap penambahan kadar *Styrofoam*, nilai VIM, dan VMA mengalami penurunan yang berarti karakteristik

campuran dengan bahan tambah *Styrofoam* ini dapat mengurangi penyerapan air maupun udara pada campuran, Menurunnya nilai *Flow* pada setiap penambahan variasi kadar *styrofoam* yang berarti kelelahan/perubahan bentuk plastis suatu campuran aspal semakin kecil atau semakin kaku. Meningkatnya nilai VFB pada setiap penambahan variasi kadar *styrofoam* yang berarti ke dalam campuran terhadap air dan udara semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] AAPA. Australia Asphalt Pafement Asociation, “Open Graded Asphalt Design Guide”, Australian, 2004. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1090/1/012002/meta>
- [2] Asarianti, “Pengaruh Limbah Padat Styrofoam Dengan Variasi 0%, 2%, 4% Dan 6% Pada Campuran Ac-Wc” Skripsi, Makassar : Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, 2012.
- [3] Bani, M. B., dkk. “Production of Sustainable Asphalt Mixes Using Recycle Polystyrene”. International Journal of Applied Environmental Sciences Vol. 11, april, No. ISSN 0973-6077. 2004
- [4] Bukhari, dkk, “Rekayasa Bahanan dan Perkerasan”. Jurnal Teknik Sipil dan Konstruksi, Vol. 2, Juni 2016 No. ISSN 0973-6077. Universitas Syiah Kuala, 2007.
- [5] Dienstag., “Karakteristik Campuran Ac-Wc Menggunakan Batu Sungai Pattunuang Kabupaten Maros”. Skripsi. Makassar : Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, 2021.
- [6] Direktorat Jenderal Bina Marga, “Metode Pengujian Karakteristik Asphalt”. Jakarta, 2018. <https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/425/spesifikasi-umum-2018.pdf>
- [7] D. Bangngalino, R. Rachman, dan Alpius, “Karakteristik Campuran Stone Matrix Asphalt Kasar dengan Bahan Tambah Kadar Ban Bekas,” Paulus Civ. Eng. J., vol. 4, no. 3, hlm. 452–460, 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i3.521.
- [8] R. Rachman, “Bidang Transportasi,” dalam Pengembangan Teknologi dan Inovasi di Era Revolusi 4.0 (Konsep dan Penerapan), Kota Makassar: Tohar Media, 2021, hlm. 39–50.
- [9] Departemen Spesifikasi Umum, “Dokumen Pelelangan Nasional Pekerja Jasa Peleaksanaan Konstruksi”, Divisi 6, Jakarta, ., 2018. https://keselamatanjalan.files.wordpress.com/2015/02/divisi-6_spek-2010-rev-3.pdf
- [10] Hermawan A.A, “Variasi Suhu Pemadatan Aspal Terhadap Karakteristik Marshall Pada Lapisan Aspal Beton AC-WC dengan Bahan Tambah Styrofoam”. Skripsi. Makassar : Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, 2018.
- [11] S. B. Mallua’, R. Rachman, dan Alpius, “Pemanfaatan Agregat Sungai Masanda dalam Campuran AC – WC dengan Bahan Pengisi Abu Buah Aren,” Paulus Civ. Eng. J., vol. 4, no. 3, hlm. 401–410, 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i3.504.
- [12] R. Rachman, “Inovasi Teknologi Bahan Konstruksi,” dalam Teknologi Bangunan dan Material, Makassar: Tohar Media, 2021, hlm. 11–21
- [13] Kevin Maulana, “Pengaruh Penambahan Styrofoam Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Ac-Wc”, Skripsi. Medan : Universitas sumatera utara, 2019 <https://repository.usu.ac.id/handle/123456789/16453>
- [14] Motlagh, A., Kiasat, A.. “ImprovTechnical Characteristics of Asphalt Pavment Use Waste of Polystyrene Disposable Dishes”. World Applied Sciences Journal (IDOSI) No. ISSN: 1818-4952. 2012
- [15] Sukirman, S. ”Perkerasan Lentur pada Jalan Raya.” Bandung : NOVA Soehartono, “Teknologi Penggunaan Aspal dalam Konstruksi. 2014,