

Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Campuran AC-BC Yang Menggunakan Sungai Bittuang

Nelmayanti Sambo^{*1}, Rais Rachman^{*2}, Alpius^{*3}

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

^{*2*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar; Indonesia rais.rachman@gmail.com dan alpiusnini@gmail.com

Correspondent Author: nelmayantisambo@gmail.com

Abstrak

Styrofoam yang telah dibuang tanpa ditangani lebih lanjut akan memberikan beban berat pada alam untuk penguraian. Ada beberapa upaya yang dapat dilakukan agar meminimalisir limbah styrofoam yang semakin meningkat yaitu salah satunya dengan memanfaatkan limbah styrofoam sebagai bahan tambah untuk perkerasan jalan. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran laston lapis antara dengan penambahan limbah styrofoam dalam campuran laston lapis antara. Komposisi campuran laston lapis antara serta pengujian Marshall untuk mendapatkan karakteristik campuran laston lapis antara dengan penambahan limbah Styrofoam abu jerami sebagai bahan substitusi *filler* semen. Hasil pengujian karakteristik campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) yang menggunakan bahan tambah limbah Styrofoam melalui pengujian Marshall Konvensional yaitu jika kadar limbah Styrofoam 1%, maka nilai VIM, VMA, dan *Flow* mengalami penurunan pada setiap kadar limbah Styrofoam, sedangkan untuk nilai Stabilitas dan VFB selalu meningkat pada setiap kadar limbah Styrofoam. Adapun hasil pengujian Marshall *Immersion* memperoleh nilai Stabilitas campuran dapat menahan rendaman selama 24 jam.

Kata kunci: Karakteristik Campuran, Laston lapis antara, Limbah Styrofoam.

Abstract

This study was intended to determine the characteristics of the mixture of intermediate layers of concrete with the addition of styrofoam waste in the mixture of intermediate layers of concrete. The composition of the mixture of intermediate lasts and Marshall test to get the characteristics of the mixture of intermediate layers of concrete with the addition of straw ash Styrofoam waste as a cement filler substitution. The results of testing the characteristics of the Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) mixture using Styrofoam waste added material through the Conventional Marshall test, namely if the Styrofoam waste content is 1%, then the VIM, VMA, and Flow values decrease at each Styrofoam waste level, while for Stability and VFB values always increase at each level of Styrofoam waste. The Marshall Immersion test results obtained a Stability value of the mixture that could withstand Immersion for 24 hours.

Keywords: Mixture Characteristics, Intermediate Laston, Styrofoam Waste

PENDAHULUAN

Styrofoam yang mempunyai istilah lain Polystyrene kerap kali dimanfaatkan setiap harinya sebagai kemasan makanan maupun kemasan elektronik. Styrofoam yang ringan serta praktis termasuk di dalam kategori jenis plastik. Jika plastik membutuhkan waktu lebih dari 500 tahun agar bisa terurai di dalam tanah, styrofoam tidak dapat terurai sama sekali jika berada di dalam tanah atau tidak dapat diuraikan. Styrofoam yang telah dibuang tanpa ditangani lebih lanjut akan memberikan beban berat pada alam untuk penguraian.

Seiring dengan berjalannya perkembangan zaman dan teknologi, sangat banyak inovasi yang ditemukan dan dapat mengurangi kerusakan pada jalan yaitu dengan menaikkan kualitas aspal yang dapat dilakukan dengan menambah bahan tambah (*additive*) kepada campuran aspal [1]-[2]. Bahan campuran pada aspal bisa juga dimodifikasi dengan tambahan beberapa bahan tambahan maupun zat aditif seperti bahan kimia serta limbah [3]. Banyak material-material yang ada di alam dapat digunakan sebagai material tambahan untuk dipakai dalam pembuatan aspal beton yang bisa meningkatkan kinerja seperti stabilitas dan durabilitas [4]. Dengan memanfaatkan barang-barang bekas kita bisa mengatasi masalah pencemaran lingkungan selain itu juga bisa menjadi bahan tambahan untuk kinerja aspal [5].

Ada beberapa upaya yang dapat dilakukan agar meminimalisir limbah styrofoam yang semakin meningkat yaitu salah satunya dengan memanfaatkan limbah styrofoam sebagai bahan tambah untuk perkerasan jalan. Limbah styrofoam ataupun plastik busa diketahui merupakan bahan adiktif pada aspal yang menciptakan material pengikat pada proses perkerasan pembangunan jalan disebabkan sifat yang dimiliki pada temperatur ruangan memiliki sifat termoplastik pada serta dapat berubah menjadi cair pada temperatur tinggi [6]-[7]

Pada masa pandemi ini, hubungan antar wilayah dibatasi dengan adanya PPKM yang dibuat pada setiap kabupaten atau wilayah sehingga suplai material juga terbatas [8]. Dampak dari hal tersebut suplai material dari luar wilayah akan terhambat. Oleh sebab itu, penggunaan material lokal pada setiap wilayah perlu di kembangkan. Penelitian yang pernah dilakukan sehubungan dengan pemanfaatan material lokal antara lain Wendani (2020), meneliti penggunaan agregat sungai Bittuang sebagai bahan campuran AC-WC [9]. Jansen (2020), meneliti tentang Pemanfaatan Batu Sungai Sa'dan Toraja Utara Sebagai Campuran *Stone Matrix Asphalt* Halus [10]. Bato'Tanete (2021) meneliti tentang Karakteristik *Stone Matriks Aspal* menggunakan batu dari sungai Tabu Toraja Utara [11]. Pada penelitian material AC-WC yang digunakan dari yang digunakan adalah dari sungai Bittuang Toraja Utara.

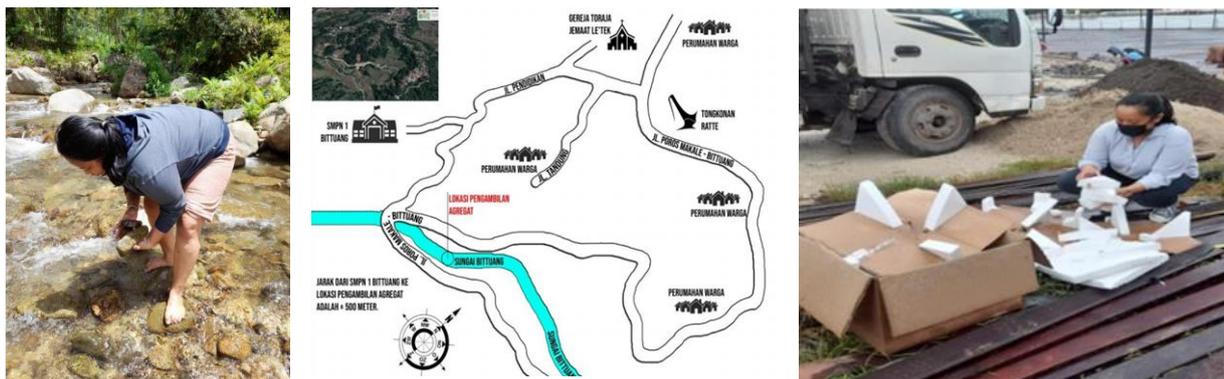
Penelitian mengenai Styrofoam yang digunakan sebagai bahan tambah untuk lapisan permukaan jalan diantaranya, Rizky (2021), meneliti tentang "Pengaruh Substitusi Styrofoam pada Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) dengan Pengujian Marshall" [12]. Hermawan dan Ismaili (2019) meneliti tentang "Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Bahan *Additive* pada *Asphalt Concrete–Wearing Course* (AC-WC) terhadap Karakteristik Marshall"[13].

Tujuan dari penelitian ini ialah agar mengetahui karakteristik campuran *Concrete–Binder Course* AC-BC dengan menggunakan bahan Styrofoam dengan pengujian Marshall konvensional untuk mengetahui karakteristik campuran dan pengujian Marshall *Immersion* untuk mengetahui kekuatan campuran setelah terendam pada air selama 24 jam. Pengujian dilakukan dengan standar SNI dengan "Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Divisi 6" [14].

METODE PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Material batu yang digunakan berasal dari sungai Bittuang Kecamatan Bittuang Kabupate Tana Toraja dalam bentuk bongkahan dengan ukuran 10 cm sampai dengan 15 cm. Bongkahan tersebut kemudian dilakukan pemecahan secara manual untuk mendapatkan ukuran maksimum 1 inci. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 sedangkan *filler* yang digunakan adalah semen Tonasa, serta limbah Styrofoam yang digunakan dari pengalasan barang-barang elektronik. Lokasi pengambilan material batu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengambilan material

2. Pengujian Karakteristik Material

Pengujian karakteristik material dilakukan terhadap agregat, *filler* dan aspal yang dilakukan sesuai dengan SNI yang ditentukan pada “Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Divisi 6” [14].

3. Pengujian Karakteristik Campuran

Pengujian karakteristik campuran terhadap benda uji yang dibuat berjumlah 15 buah dengan setiap variasi kadar Styrofoam berjumlah 3 buah. Variasi kadar styrofoam adalah dengan penambahan 0,5% yaitu mulai dari 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2%. Kadar aspal yang digunakan dalam campuran adalah 5%. Pengujian karakteristik campuran untuk mendapatkan nilai stabilitas, VIM (*void in mix*), *flow*, VMA (*void in mineral aggregate*), VFB (*void filled in bitumen*). “Pengujian dan analisis dilakukan sesuai dengan SNI yang ditentukan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Divisi 6”[14].

4. Penentuan Kadar Styrofoam Optimum

Penentuan kadar Styrofoam optimum didasarkan pada nilai pengujian karakteristik campuran yang memenuhi persyaratan. Apabila nilai karakteristik campuran semua memenuhi persyaratan maka yang digunakan adalah nilai stabilitas yang tertinggi pada pengujian Marshall konvensional.

5. Stabilitas Marshall Sisa

Setelah penentuan kadar limbah Styrofoam optimum, maka dibuatkan kembali benda uji berdasarkan kadar optimum Styrofoam sebanyak 3 buah. Benda uji tersebut akan di uji stabilitas setelah dilakukan perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C. Persamaan yang digunakan adalah:

$$SMS = \frac{\text{Stabilitas Marshall Immersion}}{\text{Stabilitas Marshall Konvensional}} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Komposisi Campuran

Analisis komposisi campuran yang menggunakan kadar aspal 5% dengan variasi kadar limbah Styrofoam 0%, 0.5%, 1%, 1.5% dan 2% dengan material dan jumlah material dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Total Campuran

Material	Kadar Styrofoam				
	0%	0.5%	1%	1.5%	2%
Agregat Kasar (gr)	518,16	518,16	518,16	518,16	518,16
Agregat Halus (gr)	555,24	555,24	555,24	555,24	555,24
Filler (gr)	66,6	66,6	66,6	66,6	66,6
Limbah Styrofoam (gr)	0	0,3	0,6	0,9	1,2
Aspal (gr)	60	60	60	60	60
Total Berat (gr)	1200	1200,3	1200,6	1200,9	1201,2

Hasil analisis *Bulk Specific Gravity* dan *Effective Specific Gravity* seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Bulk Specific Gravity dan Effective Specific Gravity

Kadar Limbah Styrofoam	0%	0,5%	1%	1,5%	2%
<i>Bulk Specific Gravity</i>	2,78	2,78	2,78	2,78	2,78
<i>Effective Specific Gravity</i>	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85

2. Karakteristik Campuran

Karakteristik campuran yang diuji dan dianalisis berdasarkan benda uji yang dibuat sebanyak 15 buah. Dari 15 benda uji untuk masing-masing variasi kadar Styrofoam sebanyak 3 buah. dimana pengujian. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 3 sampai dengan Tabel 7.

a. Stabilitas

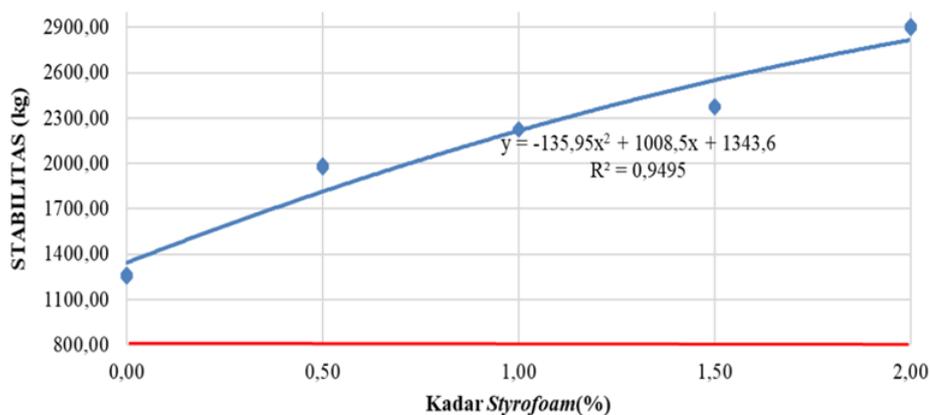
Stabilitas adalah kemampuan suatu lapisan permukaan jalan dalam menerima beban kendaraan tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang maupun *bleeding* pada permukaan jalan. Persuaratan untuk stabilitas adalah minimum 800 kg untuk campuran AC-BC. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 3 dan ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.

Hasil analisis pengujian didapatkan, dengan memanfaatkan ragam limbah styrofom 0% - 2% untuk campuran AC-BC didapatkan nilai stabilitas untuk styrofoam berkadar 0% sebesar 1259,58 kg, untuk kadar limbah Styrofoam 0,5% mengalami kenaikan sebesar 1979,34 kg, untuk kadar limbah Styrofoam 1% mengalami kenaikan sebesar 2223,26 kg untuk limbah Styrofoam 1,5% mengalami kenaikan sebesar 2375,21 kg, dan untuk kadar limbah Styrofoam 2% mengalami kenaikan 2903,04 kg. Seluruh hasil stabilitas untuk campuran AC-BC sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Pemanfaatan limbah Styrofoam berkadar sedikit pada campuran AC-BC hanya dapat menciptakan selimut aspal yang tipis dipermukaan agregatnya yang menyebabkan keterikatan antara

agregatnya melemah yang berdampak pada mengecilnya stabilitas campuran, tetapi jika kadar limbah Styrofoam ditambahkan maka keterikatan antara agregatnya menjadi kuat/stabilitas campuran menjadi besar.

Tabel 3. Nilai Stabilitas

Analisis	Kadar Limbah Styrofoam (%)				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00
Stabilitas	1259,58	1979,34	2219,26	2375,21	2891,04
	1247,59	1967,35	2231,26	2363,22	2915,03
	1271,58	1991,34	2219,26	2387,21	2903,04
Rata-Rata	1259,58	1979,34	2223,26	2375,21	2903,04
Persyaratan	Min 800 (kg)				



Gambar 2. Grafik Hubungan Variasi Limbah Styrofoam Dengan Stabilitas

b. Analisis terhadap Flow

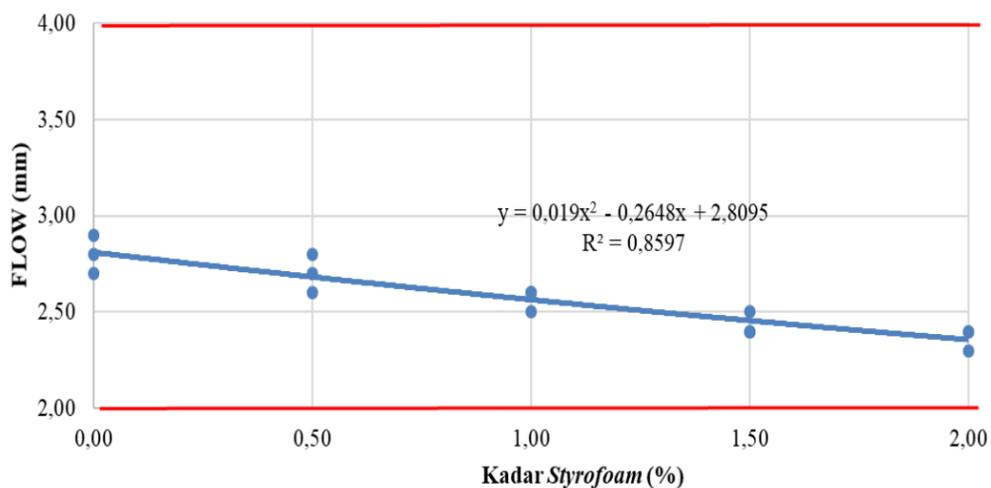
Flow yang biasa juga disebut ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan lapisan permukaan jalan menerima lendutan yang berulang-ulang yang diakibatkan dari repetisi beban tanpa terjadi kelelahan yang berupa alur serta keretakan. Persyaratan dari nilai flow untuk AC-BC adalah 2 mm sampai dengan 4 mm. Hasil analisis dari nilai Flow dapat dilihat pada Tabel 4 dan grafik hubungan flow dengan kadar limbah Styrofoam dapat dilihat pada Gambar 3

Penggunaan kadar variasi limbah styrofoam 0% - 2% diperoleh nilai Flow untuk kadar variasi limbah Styrofoam 0% sebesar 2,80 mm, untuk kadar variasi limbah Styrofoam 0,5% mengalami penurunan sebesar 2,70 mm, untuk kadar variasi limbah Styrofoam 1% mengalami penurunan sebesar 2,57 mm, untuk kadar variasi limbah Styrofoam 1,5% mengalami penurunan sebesar 2,43 mm, dan untuk kadar variasi limbah Styrofoam 2% juga menjadi menurun sejumlah 2,37 mm. Seluruh nilai Flow dengan kadar variasi limbah Styrofoam 0% - 2% sudah sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Sesuai dengan Pemakaian aspal dengan menggunakan bahan tambah limbah Styrofoam dalam campuran beraspal kecil, maka keterikatan antara agregat akan mengalami penurunan yang mengakibatkan kelelahan besar. Akan tetapi jika memanfaatkan bahan tambah limbah Styrofoam dengan jumlah yang besar, maka keterikatan antara agregatnya bertambah kuat yang menyebabkan penurunan pada kelelehannya. Selanjutnya apabila memanfaatkan bahan tambah limbah Styrofoam

diperbanyak maka selimut aspal semakin bertambah tebal yang menyebabkan penurunan kekuatan campuran, tapi kelelehannya semakin besar yang memiliki arti bahwa stabilitas memiliki pengaruh yang negative dengan kelelehan campurani/Flow.

Tabel 4. Nilai Flow

Analisis	Kadar Limbah Styrofoam (%)				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00
Flow	2,80	2,70	2,60	2,40	2,40
	2,90	2,60	2,50	2,50	2,30
	2,70	2,80	2,60	2,40	2,40
Rata-Rata	2,80	2,70	2,57	2,43	2,37
Persyaratan	2 - 4 (mm)				



Gambar 3. Grafik Hubungan Variasi Limbah Styrofoam dengan Flow

c. Analisis terhadap VIM (Void in Mix)

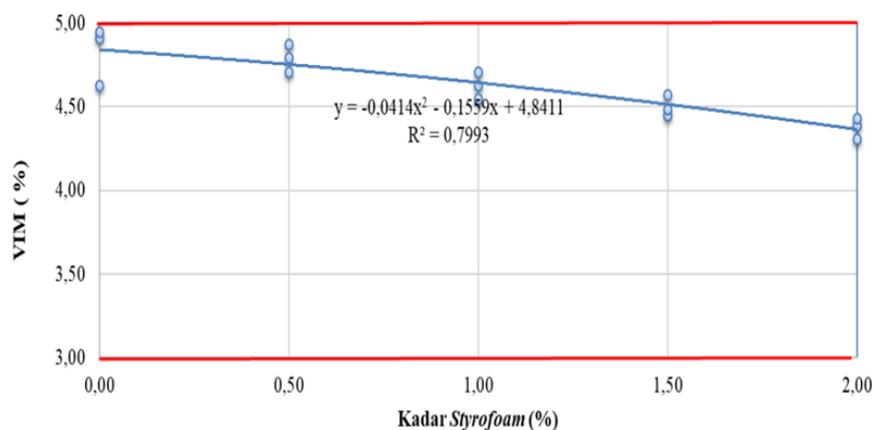
VIM (*Void In Mix*) adalah jumlah pori yang terdapat dalam campuran AC-BC yang telah padat atau dengan kata lain banyaknya rongga udara yang terdapat dalam campuran setelah dipadatkan. Persyaratan untuk VIM adalah 3% sampai dengan 5%. Hasil analisis VIM dapat dilihat pada Tabel 5 dan grafik hubungan antara VIM dan kadar limbah Styrofoam dapat dilihat pada Gambar 4

Dengan memanfaatkan beragam varian kadar limbah Styrofoam 0% - 2% diperoleh nilai VIM untuk variasi limbah Styrofoam 0% sebesar 4,83%, untuk variasi kadar limbah Styrofoam 0,5% mengalami penurunan sebesar 4,79%, untuk variasi kadar limbah Styrofoam 1% mengalami penurunan sebesar 4,63%, untuk variasi kadar limbah Styrofoam 1,5% mengalami penurunan sebesar 4,50%, dan untuk variasi kadar limbah Styrofoam 2% menurun sejumlah 4,37%. Seluruh hasil VIM dengan variasi kadar limbah Styrofoam 0% - 2% sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Berdasarkan Gambar 2, bisa diambil kesimpulan bahwa banyaknya limbah styrofoam yang terkandung dalam campuran maka bisa memperkecil nilai VIM kebalikannya, apabila sedikit limbah Styrofoam yang terkandung dalam campuran maka bisa membuat nilai VIM membesar. Hal ini sebab serbuk limbah Styrofoam memiliki fungsi untuk menjadi *filler* pada rongga-rongga di campurannya. Pemanfaatan kadar limbah

Styrofoam yang banyak tidak hanya berfungsi untuk meminimalisir rongga yang ada tetapi juga bisa mengubah bentuk plastiks campuran serta membuat perubahan pada kekuatan campuran.

Tabel 5. Nilai dari VIM

Analisis	Kadar Styrofoam (%)				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00
VIM	4,63	4,79	4,63	4,57	4,31
	4,91	4,87	4,71	4,45	4,39
	4,95	4,71	4,55	4,49	4,43
Rata-Rata	4,83	4,79	4,63	4,50	4,37
Persyaratan	3 - 5 (%)				



Gambar 4. Grafik Hubungan Variasi Limbah Styrofoam dengan VIM

d. Analisis terhadap VMA (Void in Mineral Aggregate)

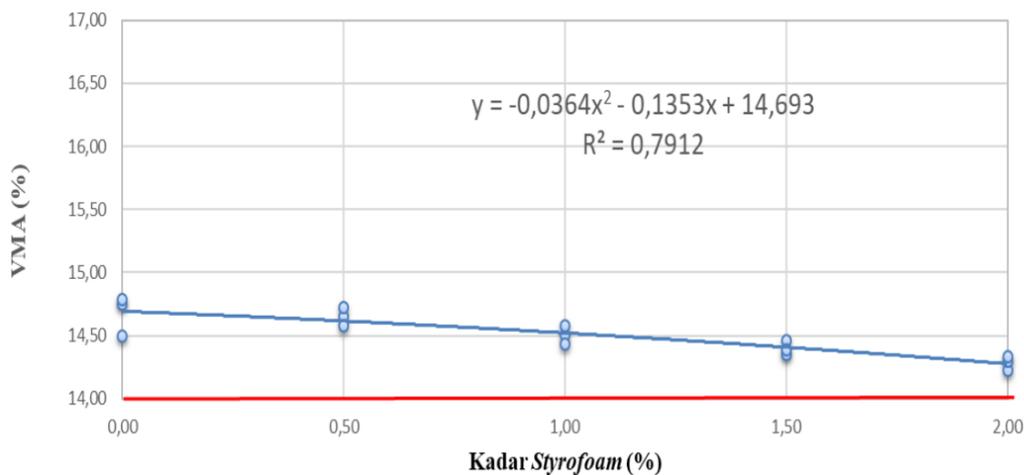
VMA (*Void In Mix Aggregate*) adalah ruang diantara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dalam volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang cukup diserap agregat). Persyaratan VMA untuk lapisan permukaan AC-BC adalah minimum 14 %. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 6 dan grafik hubungan dapat dilihat pada gambar 5.

Dengan menggunakan kadar variasi limbah Styrofoam 0% - 2% diperoleh nilai VMA untuk kadar limbah Styrofoam 0% sebesar 14,68 %, untuk kadar variasi limbah Styrofoam 0,5% mengalami penurunan sebesar 14,65%, untuk kadar limbah Styrofoam 1% mengalami penurunan sebesar 14,51%, untuk kadar variasi limbah Styrofoam 1,5% mengalami penurunan sebesar 14,40%, dan juga untuk kadar variasi limbah Styrofoam 2% mengalami penurunan sebesar 14,29%. Semua nilai VMA dengan kadar variasi limbah Styrofoam 0% - 2% sudah sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Diliihat dari Gambar 4 bisa ditarik kesimpulan bahwa jumlah penggunaan limbah Styrofoam yang bertambah banyak bisa membuat rongga pada agregatnya berkurang dan membuat penurunan pada VMA. Hal tersebut mendapatkan pengaruh dari pemanfaatan kadar variasi limbah Styrofoam yang umumnya pada saat pencampuran, serbuk limbah Styrofoam dapat mengisi kekosongan ruang antara agregatnya serta mengisi rongga pada agregat.

Tabel 6. Nilai VMA dari Pengujian Karakteristik

Analisis	Kadar Styrofoam (%)
----------	---------------------

	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00
VMA	14,50	14,65	14,51	14,46	14,22
	14,75	14,72	14,58	14,35	14,30
	14,79	14,57	14,44	14,38	14,33
Rata-Rata	14,68	14,65	14,51	14,40	14,29
Persyaratan	Min 14 (%)				



Gambar 5. Grafik Hubungan Variasi Limbah Styrofoam dengan VMA

e. Analisis terhadap VFB (Void Filled Bitumen)

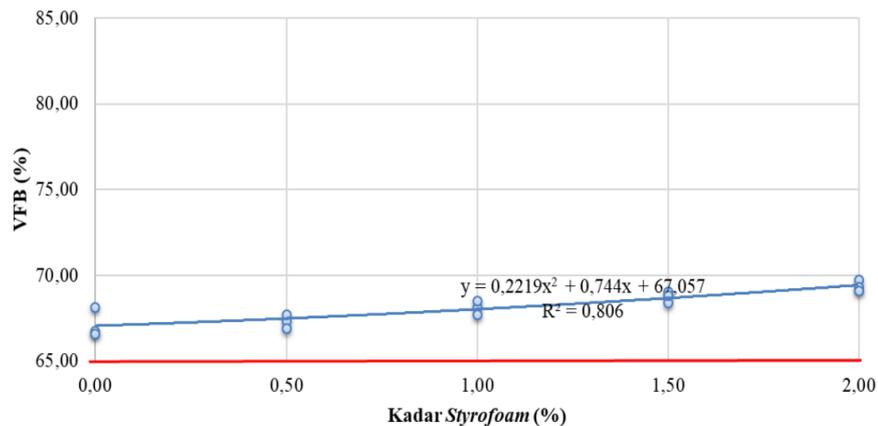
Void Filled Bitumen (VFB) atau rongga terisi aspal bagian dari volume rongga di dalam agregat yang terisi aspal efektif, yang diukur dalam satuan % VMA. Persyaratan VFB pada spesifikasi Bina Marga adalah minimum 65%. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 7 dan grafik hubungan antara VFB dan kadar limbah Styrofoam dapat dilihat pada gambar 6

Tabel 7. Nilai *Void Filled Bitumen* (VFB)

Analisis	Kadar Limbah Styrofoam (%)				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00
VFB	68,10	67,31	68,10	68,40	69,73
	66,74	66,92	67,71	69,01	69,32
	66,55	67,70	68,50	68,81	69,11
Rata-Rata	67,13	67,31	68,11	68,74	69,39
Persyaratan	Min 65 (%)				

Dengan memanfaatkan Styrofoam berkadar 0 %, 0,5 %, 1 %, 1,5 %, dan 2 % didapatkan nilai VFB untuk Styrofoam 0 berkadar % sejumlah 67,13%, untuk Styrofoam berkadar 0,5% meningkat sejumlah 67,31%, untuk Styrofoam berkadar 1% meningkat sejumlah 68,11%, untuk Styrofoam berkadar 1,5% meningkat sejumlah 68,74%, serta untuk Styrofoam berkadar 2% mengalami kenaikan sebesar 69,39%. Semua nilai VFB dengan Styrofoam berkadar 0 %, 0,5 %, 1 %, 1,5 %, dan 2% sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018. Pemanfaatan Styrofoam di dalam kandungan campuran bisa mengakibatkan rongga yang berada dalam campuran tersebut menjadi terisi. Sebaliknya, Styrofoam dengan kadar yang besar dapat meningkatkan hasil VFB sebab semakin banyak

penggunaan Styrofoam pada campuran tersebut mengakibatkan rongga-rongga yang ada menjadi terisi oleh Styrofoam.



Gambar 6. Grafik Hubungan Variasi Limbah Styrofoam Dengan VFB

3. Penentuan Kadar Limbah Styrofoam Optimum

Sesuai dengan penganalisisan pengujian Marshall kriteria campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) dapat ditentukan kadar limbah Styrofoam dalam campuran AC-BC yakni kadar limbah Styrofoam yang seluruhnya sesuai dengan kriteria Marshall campuran AC-BC dan kadar limbah Styrofoam tersebut adalah rentang kadar limbah Styrofoam 0% - 2% untuk campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC). Namun untuk kadar limbah Styrofoam optimum pada campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) dipilih yang memiliki nilai stabilitas tertinggi yaitu pada kadar limbah Styrofoam 2% karena *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) ialah lapisan penopang yang perlu mendukung lapisan di atasnya dengan kuat dan meneruskan kelapisan dibawahnya serta harus mempunyai ketebalan dan kekakuan.

4. Stabilitas Marsall Sisa

Setelah menetapkan kadar limbah Styrofoam optimum, maka tahapan berikutnya ialah membuat benda uji sesuai dengan kadar kadar limbah Styrofoam optimum, yakni pada kadar limbah Styrofoam 2% untuk campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) yang selanjutnya dilakukan perendaman kurang lebih selama 24jam pada suhu 60 0C. Untuk memperoleh nilai Stabilitas Marshall Sisa.

Tabel 8. Nilai Stabilitas Marshall Sisa

PERSYARATAN Kadar Styrofoam (%)	Stabilitas		Stabilitas Marshall Sisa (%)
	Konvensional	Immersion	
2	2891,04	2771,08	95,85
2	2915,03	2795,07	95,88
2	2903,04	2783,08	95,87
Rata-rata	2903,04	2783,08	95,87
Minimal	2891,04	2771,08	95,85
Maksimal	2915,03	2795,07	95,88

Dari hasil pengujian Marshall Immertion diperoleh Stabilitas Marshall Sisa sebesar 95,87% untuk campuran AC-BC dengan kadar limbah Styrofoam sebesar 2% seperti pada Tabel 8. Nilai Stabilitas

Marshall Sisa ini sudah sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 yakni dengan nilai paling kecil sejumlah 90%. Perkerasan jalan yang memanfaatkan agregat dari Sungai Bittuang Kab. Tana Toraja dengan bahan tambah limbah Styrofoam pada campuran AC-BC bisa tahan terhadap suhu serta waktu terendam di dalam air.

KESIMPULAN

Hasil pengujian karakteristik campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) yang menggunakan bahan tambah limbah Styrofoam melalui pengujian Marshall Konvensional yaitu setiap penambahan 0,5% limbah Styrofoam, maka nilai VIM, VMA, dan *Flow* mengalami penurunan, sedangkan untuk nilai stabilitas dan VFB selalu meningkat. Namun, Karakteristik Marshall Konvensional tersebut telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Pengaruh adanya penambahan limbah Styrofoam dapat meningkatkan kinerja campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC), dimana nilai stabilitas, *Flow*, VIM, VMA, dan VFB Penggunaan limbah Styrofoam yang bertambah maka ikatan antar agregat menjadi kuat stabilitas campuran besar sehingga campuran memberikan dukungan yang kuat bagi lapisan yang ada di atasnya dan meneruskan kelapisan dibawahnya, dan penggunaan kadar limbah Styrofoam yang sedikit dalam campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) akan menghasilkan selimut aspal yang tipis pada permukaan agregat. Adapun hasil pengujian Marshall *Immersion* memperoleh nilai Stabilitas campuran dapat tahan terhadap rendaman selama 24 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumardi, R. Rachman, dan J. Tanijaya, "Study of the Use Bagasse Ash as a *Filler* Replacement to Characteristics Asphalt Concrete," *Int. J. Sci. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 8, hlm. 65–70, 2019, doi: 10.5281/zenodo.3408011.
- [2] D. N. Bunga, R. Rachman, dan M. Selintung, "Effect of Collision Variation towards the Index Retained Strength of Mixed Asphalt Concrete Wearing Course," *Int. J. Sci. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 8, hlm. 61–64, 2019, doi: 10.5281/zenodo.3408003.
- [3] G. Rusbintardjo, *Aspal- Bahan Perkerasan Jalan*, 1 ed. Semarang, Indonesia: UNISSULA Press, 2013.
- [4] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, Edisi Kedua. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, 2013.
- [5] R. Rachman, "Pemanfaatan Batu Gunung Bottomale Toraja Utara sebagai Campuran Laston," *J. Tek. Sipil Dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, hlm. 20–30, 2020.
- [6] C. Kamba, "Tinjauan Teknis Dan Ekonomis Gilsonite Sebagai Bahan Additive Campuran Aspal Beton," *J. Ilm. Adwidia*, vol. 4, no. 1, hlm. 58–63, 2014.
- [7] Alpius, "Effects of Additional Rattan Fiber on Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC) Stability," *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 3, Art. no. 3, 2018, doi: 10.15680/IJRSET.2018.0703066.
- [8] R. Rachman, "Transportasi," dalam *Dampak Pandemi Global Covid-19 dalam Multi Perspektif*, Edisi Covid., Kota Makassar: Tohar Media, 2020, hlm. 17–32.
- [9] N. Wendani, M. Selintung, dan Alpius, "Studi Penggunaan Agregat Sungai Bittuang Sebagai Bahan Campuran AC-WC," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 2, no. 2, hlm. 138–143, 2020.
- [10] R. A. Jansen, N. Ali, dan R. Rachman, "Pemanfaatan Batu Sungai Sa'dan Toraja Utara Sebagai Campuran Stone Matrix Asphalt Halus," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 2, no. 4, hlm. 314–320, 2020.
- [11] F. B. Bato'tanete, R. Rachman, dan Alpius, "Characteristics of the Stone Matrix Asphalt Coarse using the Tabu River Stone North Toraja Regency," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1088, no. 1, hlm. 012094, Feb 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1088/1/012094.

- [12]N. Risky, “Pengaruh Substitusi Styrofoam pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) dengan Pengujian Marshall,” Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2021.
- [13]R. Hermawan dan A. F. Ismaili, “Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Bahan Additive pada Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC) terhadap Karakteristik Marshall,” Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta, 2019.
- [14]Direkorat Jenderal Bina Marga, *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Divisi 6*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018.