

## **Pemanfaatan Limbah Serat Tebu Pada Campuran *Stone Matrix Asphalt* Yang Menggunakan Batu Sungai**

**Antonius Tandirau Sombo\*<sup>1</sup>, Alpius\*<sup>2</sup>, Sufiati Bestari\*<sup>3</sup>**

\*<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia [antonsombo123@gmail.com](mailto:antonsombo123@gmail.com)

\*<sup>2,3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia  
<sup>2</sup> [alpiusnini@gmail.com](mailto:alpiusnini@gmail.com) \*<sup>2</sup> dan [sufiati.bestari@gmail.com](mailto:sufiati.bestari@gmail.com) \*<sup>3</sup>

**Corresponding Author:** [antonsombo123@gmail.com](mailto:antonsombo123@gmail.com)

### **Abstrak**

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui karakteristik *Stone Matrix Asphalt* SMA menggunakan batu sungai Tandung Kabupaten Toraja Utara dengan bahan tambah limbah serat tebu dengan kadar 0%, 1%, 2%, 3% dan 4%. Metodologi dari penelitian ini ialah pengujian karakteristik agregat kasar, halus dan *filler* kemudian merancang komposisi campuran *Stone Matrix Asphalt* (SMA) Halus dengan tambahan limbah serat tebu dan juga pengujian *Marshall* konvensional untuk mengetahui karakteristik campuran dan pengujian *Marshall Immersion* untuk memperoleh nilai Stabilitas *Marshall* Sisa. Hasil pengujian *Marshall immersion* campuran *Stone Matrix Asphalt* dengan kadar limbah serat tebu optimum 4,00% didapatkan stabilitas *marshall* sisa 95,45% memenuhi persyaratan yaitu minimal 90% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

**Kata Kunci** : Karakteristik, Komposisi SMA Halus, *Marshall Test*.

### **Abstract**

*This study was intended to determine the characteristics of Stone Matrix Asphalt (SMA) using Tandung river stone, North Toraja Regency with added sugarcane fiber waste with levels of 0%, 1%, 2%, 3% and 4%. The methodology of this research is to test the characteristics of coarse, fine and filler aggregates and then design the composition of the Stone Matrix Asphalt (SMA) mixture with the addition of sugarcane fiber waste and also conventional Marshall testing to determine the characteristics of the mixture and the Marshall Immersion testing to obtain residual Marshall stability values. The results of the Marshall immersion test for the Stone Matrix Asphalt mixture with the optimum sugarcane fiber waste content of 4,00% obtained the remaining marshall stability/ durability of 95,45% meeting the general specifications of Bina Marga 2018.*

**Keywords** : *Characteristics, Composition of fine SMA, Marshall Test.*

## **PENDAHULUAN**

*Stone Matrix Asphalt (SMA)* adalah jenis beton aspal yang dimanfaatkan sebagai kebutuhan pada suatu lapisan permukaan (*wearing course*) yang dapat memberikan ketahanan kepada beban lalu lintas. *Stone Matrix Asphalt* adalah tipe aspal beraspal panas, bisa dimanfaatkan untuk lapisan permukaan melalui sebagian karakteristik lapisan yang bisa membuat sejumlah keuntungan bagi para pengendara sebab

mempunyai daya tahan terhadap gelinciran [1]. Komposisi campuran *Stone Matrix Asphalt* (SMA) memerlukan hal seperti: Agregat kasar dimanfaatkan untuk menahan mortar dimana jika terjadi tekanan kepada adukan material dapat memunculkan kemungkinan flow yang bisa ditopang pada agregat kasar menyebabkan banyaknya agregat kasar yang ada sehingga mempengaruhi stabilitas dan ketahanan perkerasan. Agregat halus dari sumber bahan manapun harus terdiri dari pasir atau diperoleh dari ayakan batuan pecah, juga tersusun atas material yang melewati saringan No.4 dengan diameter 4,75 mm. Agregat halus digunakan sebagai perekat melalui agregat kasar yang mana agregat halus bisa menutupi ruang udara yang membuat penambahan stabilitas adukan agregat halus [2] [3]. Filler memiliki fungsi untuk meminimalisir ruang udara, merendahkan perembesan dan meningkatkan daya tahan tarik untuk adukan beton beraspal, pengujian dengan saringan menurut SNI ASTM C136: 2012 wajib memiliki bahan yang melewati saringan No.200 (75 mm) lebih dari 75 % untuk beratnya [4]. Aspal dimanfaatkan untuk bahan perkerasan jalan dimana berperan sebagai bahan pengikat, menyalurkan daya ikat yang kuat baik itu aspal, agregat maupun terhadap sejenis aspal dan juga berperan sebagai bahan pelengkap, melengkapi ruang antara butiran agregat dengan pori-pori pada bagian dalam butiran agregat itu sendiri [5].

Pada penelitian ini, SMA halus akan dicampur dengan limbah serat tebu yang banyak dijumpai di pabrik gula. Untuk memanfaatkan limbah Serat Tebu dan upaya meningkatkan lapisan permukaan perkerasan jalan maka diteliti campuran *Stone Matrix Asphalt* (SMA) halus menggunakan agregat batu sungai Tandung Kabupaten Toraja Utara yang ditambahkan serat tebu. Kandungan utama dari ampas tebu yaitu silica ( $\text{SiO}_2$  70,97%) dan NaO sebesar 22,27%, dan sedikit unsur-unsur lain anantara lain  $\text{K}_2\text{O}$ (4,82%) dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 0,36%

Beberapa penelitian terkait yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini yaitu “Uji karakteristik campuran SMA Halus menggunakan batu sungai Tandung Kabupaten Toraja Utara, pengujian karakteristik agregat sebagai campuran *Stone Matrix Asphalt* sudah sesuai dengan aturan Bina Marga 2018 begitupun dengan hasil Marshall immersion senilai 98,78%” [5]. “Susbtitusi Filler Abu Ampas Tebu pada Laston AC-WC dan Buton Granular Asphalt Sebagai Agregat Halus, hasil pengujian, nilai stabilitas, flow, VMA, VIM, dan Marshall Quetiont meningkat seiring bertambahnya kadar BGA. Nilai pada VFB, density, dan durabilitas menurun seiring bertambahnya kadar BGA pada campuran. Nilai Optimum parameter marshall pada campuran 25% BGA” [6]. “Pengaruh Filler Abu Ampas Tebu (AAT) Dengan Bahan Pengikat Aspal Pen 60/70 Pada Campuran Laston AC-WC, Penggunaan abu ampas tebu (AAT) sebagai *filler* pada campuran aspal beton (AC-WC) yang menggunakan aspal pen 60/70 memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 revisi 3 (2014) dan hasil pengujian komposisi terbaik campuran aspal dengan kombinasi *filler* abu ampas tebu dan semen portland diperoleh pada komposisi 50% pada kadar aspal 5,87% dengan nilai stabilitas yaitu 1342,74 kg” [7]. Pengujian tentang SMA yang pernah dilakukan antara lain, “Karakteristik Stone Matriks Aspal Kasar yang menggunakan sungai Tabu Kabupaten Toraja Utara” [8]. “Karakteristik Campuran SMA Kasar Menggunakan Batu Sungai Sa’dan Kecamatan Sesean Toraja Utara” [9]. “Pemanfaatan Batu Sungai Sa’dan Toraja Utara Sebagai Campuran *Stone Matrix Asphalt* Halus” [10].

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik campuran dan pengujian *Marshall Immersion* untuk memperoleh nilai Stabilitas Marshall Sisa. Spesifikasi sebagai bahan rujukan untuk pengujian menggunakan spesifikasi Bina marga 2018 [11].

## METODOLOGI

### 1. Lokasi Pengambilan Material dan Bahan Tambah

#### a. Lokasi Pengambilan Material

Agregat diperoleh dari batu Sungai Tandung Kabupaten Toraja Utara. Pengambilan sampel dilaksanakan supaya memperoleh contoh material dimana nantinya diperiksa lebih lanjut di Laboratorium Jalan dan Aspal UKIP seperti pada gambar 1 dan gambar 2. Lokasi Pengambilan Bahan Tambah (limbah serat tebu) adalah tebu yang sudah diperas oleh pengola gula pada Pabrik Gula Takalar.



**Gambar 1.** Pengambilan Material



**Gambar 2.** Lokasi Pengambilan Bahan Tambah

## 2. Komposisi Campuran Untuk SMA Halus

Komposisi campuran SMA Halus yang dipakai merupakan adukan beraspal panas yang mana merupakan adukan yang tersusun atas gabungan seperangkat agregat yang dikatakan sebagai unsur teratas pada adukan serta bahan lain menyatukannya aspal yang mana proses pengadukannya melewati pemanasan dahulu. Merancang adukan SMA yang dimanfaatkan sesuai cara grafis dan cara analisis yaitu memanfaatkan tabel batas ketentuan gradasi yang lolos saringan kemudian tentukan ukuran adukan ialah nilai tengah yang diperoleh melalui tiap batas ketentuan ukuran.

### a. Kadar Aspal Campuran *Stone Matrix Asphalt* (SMA)

Kadar aspal yang digunakan adalah 7% dari hasil penelitian sebelumnya. Dimana kadar aspal ini memiliki VIM paling besar dalam campuran *Stone Matrix Asphalt* (SMA). Proporsi penambahan limbah serat tebu sebagai bahan tambah yaitu 0%, 0,1%, 2%, 3%, dan 4%.

### b. Perancangan komposisi Agregat, *Filler*, dan Aspal dalam campuran

Komposisi aspal untuk campuran *Stone Matrix Asphalt* (SMA) merupakan data penelitian sebelumnya yaitu kadar aspal 7% yang dijadikan data data sekunder dari penelitian ini.

### c. Komposisi Campuran dengan Bahan Tambah Limbah Serat Tebu

Sesuai penjumlahan keperluan bahan adukan serta peningkatan limbah serat tebu didapatkan banyaknya adukan SMA halus berikut:

Tabel 1. Banyaknya Adukan SMA Halus

Proporsi Penambahan Limbah Serat Tebu (%)	0	1	2	3	4
Agregat Kasar (gr)	870,86	870,86	870,86	870,86	870,86
Agregat Halus (gr)	153,43	153,43	153,43	153,43	153,43
<i>Filler</i> (gr)	103,71	103,71	103,71	103,71	103,71
Limbah Serat Tebu (gr)	<b>0,00</b>	<b>0,84</b>	<b>1,68</b>	<b>2,52</b>	<b>3,36</b>
Aspal (gr)	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00
Total Berat (gr)	<b>1200,00</b>	<b>1200,84</b>	<b>1201,68</b>	<b>1202,52</b>	<b>1203,36</b>

## 3. Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini ada 18 buah. Bahan yang dipakai dalam campuran SMA memenuhi standar spesifikasi, percobaan benda uji tersebut dibuat melalui peralatan *Marshall Test*.

#### 4. Uji Coba *Marshall Konvensional* Campuran SMA

Benda uji yang akan digunakan dan gradasi agregat campuran tertentu, sesuai dengan spesifikasi campuran. Pengujian *Marshall Konvensional* ini mengikuti prosedur menurut SNI 06-2489-1991.

#### 5. Pengujian *Marshall Immersion* SMA Halus

Uji coba merendam *marshall* adalah uji coba guna untuk memahami dan melihat daya tahan adukan beraspal. Melalui uji coba ini, adukan disesuaikan dengan daya tahannya terhadap air panas yang memiliki suhu 60°C dengan waktu perendaman 30 menit serta 24 jam.

#### 6. Teknik Analisis Data

Metode analisis dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menampilkan hasil penelitian yang disajikan dalam model tabel dan grafik, setelah itu hasil analisa akan dibahas dan disesuaikan terhadap rumusan serta arah tujuan yang diinginkan.

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### A. Analisis Karakteristik Campuran *Stone Matrix Asphalt* Berdasarkan Pengujian *Marshall Konvensional*

##### 1. Hasil perhitungan *Bulk Specific Gravity* dan *Effective Specific Gravity*

Nilai perhitungan *Bulk Specific gravity* dan *effective gravity* bisa dilihat melalui Tabel 2 berikut:

Tabel 2. *Bulk Specific Gravity* Campuran *Stone Matrix Asphalt* Halus

Specific Gravity	Proporsi Serat Tebu (%)				
	0	1	2	3	4
<i>Bulk Specific Gravity Agrerat</i>	2,83	2,83	2,83	2,83	2,84
<i>Effective Specific Gravity Agrerat</i>	2,86	2,86	2,86	2,86	2,87

##### 2. Hasil Pengujian *Marshall* karakteristik Beton Aspal

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* karakteristik campuran SMA Halus dapat dilihat pada Tabel 3 bawah ini:

Tabel 3. Hasil pengujian karateristik *Marshall* Campuran SMA Halus

Kadar Serat Tebu (%)	Min 600 kg	4-5 (%)	2-4,5 (mm)	Min 17
	Stabilitas	VIM	Flow	VMA
0	1534,76	5,060	3,10	18,80
	1511,33	4,981	3,15	18,73
	1487,90	4,901	3,20	18,66
Rata-Rata	1511,33	4,980	3,15	18,73
1	1733,93	4,787	2,85	18,56
	1698,78	4,708	2,90	18,49
	1675,35	4,628	2,80	18,42
Rata-Rata	1702,68	4,707	2,85	18,49
2	1769,08	4,753	2,25	18,53
	1733,93	4,673	2,20	18,46
	1722,21	4,594	2,30	18,39
Rata-Rata	1757,36	4,673	2,35	18,46

Kadar Serat Tebu (%)	Min 600 kg	4-5 (%)	2-4,5 (mm)	Min 17
	Stabilitas	VIM	Flow	VMA
3	1722,21	4,639	2,55	18,43
	1698,78	4,364	2,50	18,19
	1663,63	4,479	2,45	18,29
Rata-Rata	1694,87	4,494	2,48	18,30
4	1698,78	4,123	3,00	17,98
	1663,63	4,283	3,10	18,12
	1651,92	4,203	2,95	18,05
Rata-Rata	1671,44	4,203	3,01	18,05

## B. Karakteristik Agregat

### 1. Analisis Karakteristik Aspal

Karakteristik aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil dari pengujian sebelumnya sebagai berikut :

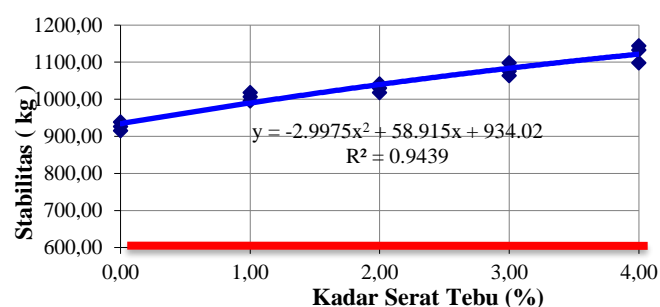
Tabel 4. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi Bina Marga	Satuan
Penetrasi pada 25°C	SNI 2456-2011	66,7	60-70	0,1mm
Titik lembek (°C)	SNI 2434-2011	50,2	≥ 48	°C
Titik Nyala	SNI 2433-2011	290	≥ 232	°C
Berat Yang Hilang (%)	SNI 2441-1991	0,434	≥ 0,8	%
Penetrasi <i>Film Oven Test</i>	SNI 03 -6835-2002	84,7	≥ 54	%
Daktalitas	SNI 2432-2011	150	≥ 100	Cm
Berat jenis	SNI 2441-2011	1,015	≥ 1	-

## C. Pembahasan Terhadap Hasil Analisis

### 1. Analisis pada Stabilitas

Nilai uji coba dianalisa terhadap stabilitas bisa diperhatikan Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

Grafik hubungan antara stabilitas terhadap kadar *Serat Tebu* pada gambar 3 menunjukkan bahwa, stabilitas naik jika ditambahkan *Serat Tebu*, dimana tanpa *Serat Tebu* (0%) dengan stabilitas (927,05 kg), jika ditambahkan *serat tebu* 1% dengan stabilitas (1007,16 kg), maka stabilitas akan naik sampai kadar *serat tebu* 4% dengan stabilitas (1125,43 kg) ini karena selimut aspal diantara partikel agregat semakin tipis sehingga stabilitas campuran naik.

Stabilitas meningkat pada setiap kadar Serat Tebu sampai pada kadar serat tebu 4 % dengan nilai rata-rata peningkatan nilai stabilitas sebesar 70,29 kg hal ini disebabkan karena semakin tinggi proporsi *Serat Tebu* maka ikatan antar agregat menjadi kuat.

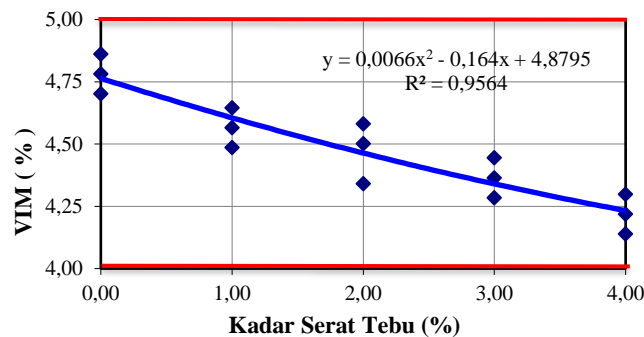
Tabel 5. Hasil Perhitungan Persamaan Regresi Stabilitas

Kadar Serat Tebu (%)	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00
Stabilitas (kg)	934,02	989,94	1039,86	1083,79	1121,72
Persyaratan	600 kg				

Berdasarkan persamaan regresi menunjukkan bahwa stabilitas maksimum berada pada kadar serat tebu 2,55 % dengan nilai stabilitas 1058,27 kg

## 2. Analisis terhadap VIM (Void in Mix)

Diperoleh nilai pengujian analisis terhadap VIM bisa diperhatikan Gambar 4 berikut :



Gambar 4. Hubungan kadar aspal dan VIM

Sesuai grafik bisa ditarik kesimpulan bahwa semakin meningkat jumlah limbah serat tebu yang dipakai maka nilai VIM akan menurun begitu pula sebaliknya. Setiap kenaikan 1% kadar *Serat Tebu*, maka VIM semakin menurun sebesar rata-rata 0,27%.

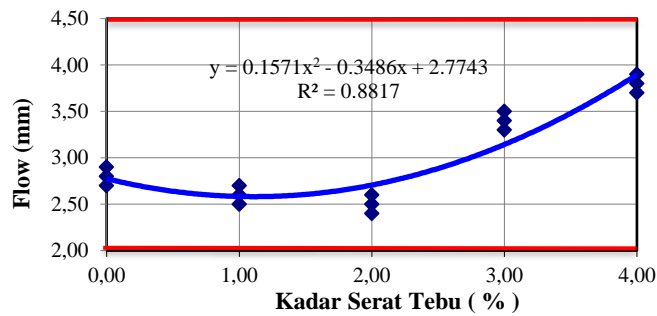
Tabel 6. Hasil Perhitungan Persamaan Regresi VIM

Kadar Serat Tebu (%)	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00
VIM	4,88	4,71	4,53	4,33	4,12
Persyaratan	4 - 5 (%)				

Berdasarkan persamaan Regresi pada gambar 4 diperoleh VIM mencapai batas minimum yaitu 4,00 % pada kadar serat tebu 4,53 % dan Vim mencapai batas maksimum yaitu 4,88 % pada kadar serat tebu 0,00 %.

## 3. Analisis Terhadap Flow

Jika memakai jumlah variasi serat tebu 0% - 4% didapatkan harga *Flow* untuk jumlah variasi serat tebu 0% senilai 2,80 mm, pada kadar 1% mengalami penurunan sebesar 2,60 mm, untuk kadar 2% mengalami penurunan sebesar 2,50 mm, untuk kadar 3% mengalami kenaikan sebesar 3,40 mm, dan untuk kadar 4% juga mengalami kenaikan senilai 3,80 mm. Seluruh hasil flow mulai dari kadar serat tebu 0% - 4% sudah sesuai aturan Umum Bina Marga 2018.



Gambar 5. Hubungan Kadar Aspal dan Flow

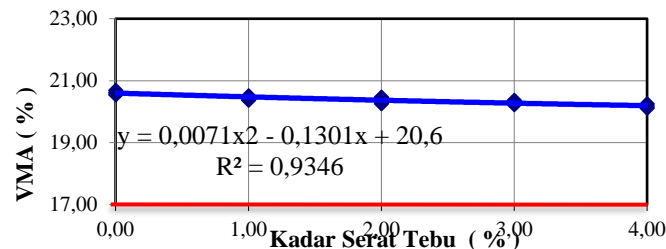
Flow mengalami penurunan pada kadar Serat Tebu 2,11% sebesar 2,58 mm dan kembali mengalami kenaikan pada kadar Serat Tebu 4% sebesar 3,02% .

Tabel 7. Hasil Perhitungan Persamaan Regresi Flow

Kadar Serat Tebu (%)	0,00	1,00	2,00	<b>2,11</b>	3,00
Flow (mm)	3,28	2,77	2,58	<b>2,58</b>	2,71
Persyaratan	2 - 4,5 (mm)				

Berdasarkan persamaan Regresi pada gambar 5 diperoleh flow paling kecil berada pada kadar serat tebu 2,11% dengan nilai flow sebesar 2,58 mm.

#### 4. Analisis Terhadap VMA (Void in Mineral Aggregate)



Gambar 6. Hubungan Kadar Aspal dan VMA

Pada grafik hubungan antara VMA terhadap Serat Tebu menunjukkan bahwa, VMA menurun dengan ditambahkan kadar Serat Tebu 0% (VMA 20,61%) sampai kadar Serat Tebu 4% (VMA 20,18%), ini disebabkan karena jumlah aspal yang mengisi rongga pada agregat berkurang sebab bagian aspal diserat oleh Serat Tebu, sebelum aspal mengisi rongga pada agregat. Setiap kenaikan 1% kadar Serat Tebu, sehingga VMA makin menurun senilai rata-ratanya 0,24%. Melalui persamaan regresi memperlihatkan bahwa VMA sampai batas minimum 17% .

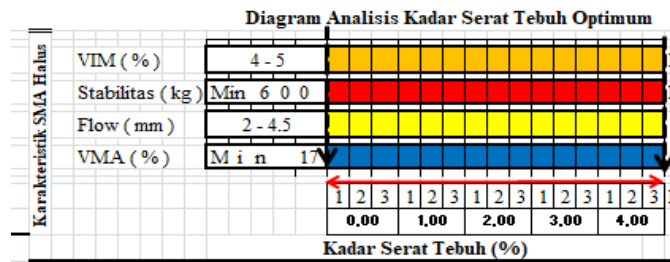
Tabel 8. Hasil Perhitungan Persamaan Regresi VMA

Kadar Serat Tebu (%)	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00
VMA (%)	20,60	20,48	20,37	20,27	20,19
Persyaratan	Min 17 (%)				

Berdasarkan persamaan Regresi pada gambar 6 diperoleh nilai VMA minimum yaitu 17,00 % pada kadar serat tebu 18,36 %.

#### D. Penentuan Kadar Serat Tebu Optimum

Berikut Diagram analisis kadar Serat Tebu optimum dapat dilihat pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7. Diagram Analisis Kadar Serat Tebu Optimum

Pada volume jumlah Serat Tebu tertinggi maka untuk adukan SMA Halus dipakai yang mempunyai harga VIM terendah terdapat pada kadar Serat Tebu 4,00% sebab lapis SMA adalah lapisan aus atau lapisan paling atas yang wajib tahan air agar melindungi lapisan sesudahnya.

## E. Stabilitas Marshall Sisa

### 1. Stabilitas Marshall Sisa Stone Matrix Asphalt Halus

Tabel 9. Stabilitas Marshall Sisa

Persyaratan	Stabilitas			
	Kadar serat tebu (%)	Konvensional	Immersion	Stabilitas Marsall Sisa
4		1098,72	1041,50	94,79
4		1133,06	1087,28	95,96
4		1144,50	1110,17	97,00
<b>Rata-rata</b>		<b>1125,43</b>	<b>1079,65</b>	<b>95,93</b>

Dari hasil pengujian *Marshall Immersion* diperoleh stabilitas *marshall* 94,79% - 97,00 % kadar aspal 7,00% dengan tambahan limbah serat tebu 0% - 4%. Nilai stabilitas *marshall* sisa ini telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Hasil pengujian *Marshall Immersion* diperoleh Stabilitas Marshall Sisa rata-rata 95,93%. Nilai indikasi perendaman sudah sesuai dengan aturan Bina Marga adalah lebih besar dari 90%.

#### a. Pengaruh Penambahan Serat Tebu terhadap Nilai Stabilitas Marshall Sisa dengan Metode Marshall Immersion yaitu:

Dapat meningkatkan kinerja campuran SMA Halus, dimana hasil stabilitas, *flow*, VIM, VMA. Pemakaian Limbah Serat Tebu meningkat membuat pengikatan tiap agregat semakin kuat stabilitas adukan meningkat maka adukan menyalurkan dorongan yang kuat terhadap lapisan sebelumnya serta menurunkan kelapisan yang berada setelahnya, dan memanfaatkan volume limbah serat tebu yang kurang pada adukan SMA Halus dapat memberikan selimut aspal yang pipih bagi bagian teratas agregat sehingga menimbulkan kerekatan tiap agregat jadi melemah maka membuat stabilitas adukan menurun

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian maka disimpulkan bahwa Karakteristik campuran SMA Halus menggunakan Batu Sungai Tandung Kabupaten Toraja Utara dengan Bahan Tambah Limbah Serat Tebu dari uji coba *marshall konvensional* ialah, ketika volume limbah serat tebu bertambah 1%, membuat nilai VIM, VMA, dan *Flow* turun untuk tiap volume limbah serat tebu, tetapi jika hasil Stabilitas sering meningkat untuk tiap limbah Serat tebu. Karakteristik *Marshall Konvensional* tersebut telah memenuhi



Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Nilai hasil Stabilitas *Marshall* Sisa pada campuran SMA Halus dengan kadar limbah serat tebu optimum yaitu 4,00% didapatkan Stabilitas *Marshall* Sisa (SMS) sebesar 95,93% yang berarti telah memenuhi Standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu minimal 90%.

Pengaruh penambahan serat tebu terhadap nilai Stabilitas *Marshall* Sisa dengan Metode *Marshall Immersion* yaitu diperoleh nilai stabilitas terbesar berada pada kadar serat tebu 4,00% yaitu 1125,43. Jadi dari pengujian dapat disimpulkan bahwa jika kadar serat tebu bertambah maka nilai stabilitas dan *flow* akan meningkat, dan jika kadar serat tebu bertambah maka nilai VIM dan VMA akan menurun.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, Edisi Kedua. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, 2013.
- [2] C. Kamba, "Agregat dari Material Lokal," dalam *Pemanfaatan Material Alternatif (Sebagai Bahan Penyusun Konstruksi)*, Makassar: CV. Tohar Media, 2021, hlm. 35–46.
- [3] R. Rachman, "The Effect of Immersion and Humidification Toward Performance of Hot Rolled Asphalt Mixture," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 15, no. 5, hlm. 503–509, 2020.
- [4] A. Kusuma, "Material Substitusi Filler," dalam *Pemanfaatan Material Alternatif (Sebagai Bahan Penyusun Konstruksi)*, Makassar: CV. Tohar Media, 2021, hlm. 121–130.
- [5] F. J. Jusuf, Alpius, dan Elisabeth, "Studi Pemanfaatan Batu Sungai Sibangke Kabupaten Toraja Utara Pada Campuran SMA Kasar - PDF Download Gratis," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 3, no. 1, hlm. 106–112, 2021.
- [6] A. Rahmania, S. Ar, dan F. A. Gani, "Substitusi Filler Abu Ampas Tebu pada Laston AC-WC dan Buton Granular Asphalt Sebagai Agregat Halus," *Pros. Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe*, vol. 5, no. 1, Art. no. 1, 2021.
- [7] F. D. Kurniasari, S. M. Saleh, dan Sugiarto, "Pengaruh Filler Abu Ampas Tebu (AAT) Dengan Bahan Pengikat Aspal Pen 60/70 Pada Campuran Laston AC-WC," *J. Arsip Rekayasa Sipil Dan Perenc.*, vol. 1, no. 4, hlm. 69–78, 2018, doi: 10.24815/jarsp.v1i1.12457.
- [8] 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.
- [9] A. D. Sandabunga, N. Ali, dan R. Rachman, "Karakteristik Campuran SMA Kasar Menggunakan Batu Sungai Sa'dan Kecamatan Sesean Toraja Utara," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 2, no. 4, hlm. 282–288, 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] Direktorat Jenderal Bina Marga, *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Divisi 6*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018.