

## Seminar Nasional Rekatek I (Studi Pemanfaatan *Bagasse Fiber* (Serat Tebu) Dalam Campuran HRS-WC Menggunakan Agregat Batu Sungai Sa'dan)

Monalisa Bumbungan<sup>1,\*</sup>, Robert Mangontan<sup>2</sup>, Grahminerpa Analtha Sapan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Jl. Perintis Kemerdekaan KM 13 Daya, Makassar, Kode Pos 90243

<sup>2</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Jl. Perintis Kemerdekaan KM 13 Daya, Makassar, Kode Pos 90243

<sup>3</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Jl. Perintis Kemerdekaan KM 13 Daya, Makassar, Kode Pos 90243

[monalisabumbungan08@gmail.com](mailto:monalisabumbungan08@gmail.com)

**Abstract:** Common problems in road infrastructure include flexible pavement damage such as cracking, deformation, rutting, and delamination caused by repeated traffic loads, substandard material quality, extreme climatic conditions, and lack of maintenance. This study aims to analyze the characteristics of the Hot Rolled Sheet–Wearing Course (HRS-WC) mixture with the addition of bagasse fiber (sugarcane fiber) using aggregates from the Sa'dan River, North Toraja Regency. The research method employed was a laboratory experimental approach through Conventional Marshall and Marshall Immersion tests. The mixture was designed with a fixed asphalt content of 6% in accordance with the General Specifications of Bina Marga 2018, with variations of bagasse fiber at 0%, 0.3%, 0.5%, 0.7%, and 0.9% by total mixture weight. The test results indicate that the Sa'dan River aggregates, 60/70 penetration grade asphalt, and cement as filler met the specified requirements. The addition of bagasse fiber influenced the values of stability, flow, VIM, VMA, and VFB. The optimum bagasse fiber content was found to be 0.5%, where the highest Stability value reached 1525.83 kg, VIM was 5.31%, flow was 2.86 mm, VMA was 18.41%, and VFB was 71.17%. The Marshall Residual Stability at the optimum content reached 96.15%, meeting the minimum requirement of 90%. Based on these results, bagasse fiber has potential to be utilized as an additive material to enhance the performance of HRS-WC mixtures.

**Keywords:** Flexible pavement; HRS-WC ; Marshall Test ; bagasse fiber ; Sa'dan River

**Abstrak:** Permasalahan umum pada infrastruktur jalan adalah kerusakan perkerasan lentur berupa retakan, deformasi, rutting, dan delaminasi akibat beban lalu lintas berulang, kualitas material yang tidak memenuhi standar, pengaruh iklim ekstrem, serta kurangnya pemeliharaan. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dengan penambahan serat tebu (*bagasse fiber*) menggunakan agregat batu Sungai Sa'dan, Kabupaten Toraja Utara. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium melalui pengujian *Marshall Konvensional* dan *Marshall Immersion*. Campuran dirancang dengan kadar aspal tetap 6% sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, dengan variasi serat tebu 0%, 0,3%, 0,5%, 0,7%, dan 0,9% terhadap berat campuran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat Sungai Sa'dan, aspal penetrasi 60/70, dan semen sebagai filler memenuhi persyaratan spesifikasi. Penambahan serat tebu memberikan pengaruh terhadap nilai *stabilitas*, *flow*, VIM, VMA, dan VFB. Kadar serat tebu optimum 0,5% dimana nilai *Stabilitas* tertinggi 1525,83 kg, VIM 5,31%, *flow* 2,86 mm, VMA 18,41%. dan VFB 71,17%. Nilai *Stabilitas Marshall* Sisa pada kadar optimum mencapai 96,15%, memenuhi persyaratan minimal 90%. Berdasarkan hasil tersebut, serat tebu berpotensi digunakan sebagai bahan tambah untuk meningkatkan kinerja campuran HRS-WC.

**Kata kunci:** ; Perkerasan lentur; HRS-WC; Tes Marshall ; serat tebu ; Sungai Sa'dan

*Informasi Artikel:* Diterima: xx-xx-xxxx, Disetujui: xx-xx-xxxx, Dipublikasikan: xx-xx-xxxx

## 1. Pendahuluan

Permasalahan umum yang sering dijumpai pada infrastruktur jalan adalah kerusakan perkerasan lentur, yang meliputi retakan, deformasi, rutting, serta delaminasi. Kerusakan tersebut umumnya disebabkan oleh beban lalu lintas berulang dengan intensitas tinggi, kualitas material perkerasan yang tidak memenuhi standar, pengaruh kondisi iklim ekstrem, serta minimnya kegiatan pemeliharaan secara berkala. Dalam upaya mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan inovasi material konstruksi perkerasan yang memiliki kemampuan lebih baik dalam menahan beban dan pengaruh lingkungan. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah pengembangan campuran aspal HRS-WC (Hot Rolled Sheet – Wearing Course), yang berfungsi sebagai lapisan aus (surface course) pada perkerasan lentur. Tujuan Penelitian ini adalah mengetahui karakteristik agregat batu sungai sa'dan, campuran HRS-WC dan sabilitas Marshall.

Dari hasil ekstraksi kadar aspal rata-rata untuk campuran aspal HRS-WC, yaitu 5.19 %. Untuk memenuhi ketentuan spesifikasi kadar aspal efektif Min 5.90 %, Ketentuan syarat gradasi hasil Ekstraksi kadar aspal daur ulang yaitu 6.50 %. Sehingga diperlukan penentuan penambahan kadar aspal sebesar 1.31%. Agar campuran aspal HRS-WC.[1]. Hasil uji marshall Proporsi I yaitu, KAO sebesar 7,2%, stabilitas 940 kg, VMA 20,4%, VIM 4% VFB 80% dan MQ 320 kg, proporsi II yaitu, KAO sebesar 7,1%, stabilitas 870 kg, VMA 19%, VIM 4,2% VFB 79% dan MQ 270 kg, Proporsi III yaitu, KAO sebesar 7,2%, stabilitas 624 kg, VMA 20,60%, VIM 4,2% VFB 78% dan MQ 260 kg.[2]. Hasil penelitian mendapatkan bahwa peningkatan nilai Titik lembek aspal akibat penambahan viatop ke dalam aspal dapat meningkatkan nilai kepadatan dan VFB campuran HRS-WC dengan persentase peningkatan tertinggi 0,67% untuk kepadatan dan 4,06% untuk VFB campuran HRS-WC pada nilai Titik Lembek Aspal 52,48 °C, menurunkan nilai VIM dan VMA campuran HRS-WC dengan persentase penurunan 11,92% untuk VIM dan 3,24% untuk VMA campuran HRS-WC pada nilai Titik Lembek Aspal 52,48 °C, menurunkan nilai flow serta meningkatkan Stabilitas dan MQ marshall campuran HRS-WC.[3]. Nilai karakteristik untuk variasi campuran 1,8%, antara lain, rongga dalam campuran adalah 3,66%, rongga dalam agregat adalah 21,21%, rongga yang diisi aspal adalah 82,75%, stabilitas Marshall adalah 639 kg, aliran adalah 3,05 mm, rasio Marshall adalah 209 kg/mm dan sisa Marshall adalah 92,56%. Sehingga hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi bagi peneliti dan masyarakat umum dalam menentukan bahan pengisi dalam campuran aspal HRS-WC.[4].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagai indikator kinerja campuran aspal yang bertindak sebagai variasi penambahan limbah beton pada campuran aspal AC-WC dan HRS- WC, sifat Marshall menurun pada nilai Stabilitas, Kuosien Marshall, dan VFWA, sedangkan nilai Aliran, VIM, dan VMA mengalami peningkatan. Pemanfaatan limbah beton hingga 20% sebagai pengganti agregat kasar dapat diterima untuk masing-masing campuran aspal AC-WC dan HRS-WC. Variasi limbah beton maksimum yang dapat diterima adalah 35% untuk campuran aspal AC-WC dan 29% untuk campuran aspal HRS-WC.[5]. Penggunaan aspal modifikasi nano zeolit pada campuran beraspal HRS-WC memberikan pengaruh positif pada beberapa karakteristik Marshall, diantaranya adalah stabilitas, kepadatan dan rongga terisi aspal. Berdasarkan pengujian Marshall, kadar optimum penggunaan nano zeolite sebagai material modifikasi aspal adalah sebesar 0,2%.[6]. Pada karakteristik Test Marshall pada percobaan bubuk keramik menjadi filler pada campuran, didapatkan memenuhi persyaratan uji Test Marshall setara melalui Spesifikasi Umum 2018, maka didapatkan guna (JMD) menjadi material pengisi abu batu.[7]. Pengganti filler optimum dengan abu batu kapur sebesar 7,40% dari berat total agregat, nilai stabilitas naik 10,8% dari nilai stabilitas campuran tanpa menggunakan bahan pengganti filler yaitu mengalami kenaikan sebesar 135 kg.[8]. Hasil pengujian Marshall Immertion campuran Lataston HRS- WC bergradasi senjang dan semi senjang dengan kadar filler optimum 100% mendapatkan Indeks Perendaman (IP) / Indeks Kekuatan Sisa (IKS) campuran

sebesar 95,73% dan 96,66% yang artinya campuran tersebut tahan terhadap suhu, lamanya terendam air.[9]. Hasil penelitian, campuran aspal HRS-WC juga menunjukkan peningkatan daya tahan, seiring dengan penggantian pengisi debu batuan dengan pengisi abu terbang, yang dapat dilihat dari peningkatan nilai stabilitas, nilai MQ, dan nilai VFB.[10]. Campuran aspal dengan kadar plastik 5%, dengan variasi bitumen 8,5% mengalami penurunan nilai regangan rambatan dinamis hingga kadar bitumen mencapai 9,5%. Campuran dengan kadar plastik 5% lapisan agregat direkomendasikan untuk WC HRS yang menggunakan batu tabas.[11]. Hasil pada kandungan aspal optimum sebesar 7,28%, dengan Sungai Inbate menunjukkan stabilitas 1179,59 kg dan Sungai Bijaesahan 944,16 kg. Temuan ini menunjukkan bahwa material dari Sungai Inbate berkinerja lebih baik dari segi stabilitas dan fleksibilitas.[12].

Berdasarkan hasil pengujian bahwa karakteristik volumetrik campuran aspal beton dengan penambahan persentase bubuk gypsum sebagai filler meningkatkan nilai rongga dalam agregat dan rongga dalam campuran, sebaliknya untuk nilai rongga terisi aspal menjadi berkurang. Sedangkan untuk nilai stabilitas dan flow mengalami penurunan, sehingga didapatkan nilai optimum persentase filler gypsum 1% yang memberikan durabilitas lebih baik dibandingkan dengan campuran tanpa menggunakan filler gypsum.[13]. Berdasarkan Hasil Marshall dari persentase kandungan pengisi abu batuan 100% dan persentase kandungan pengisi kapur dolomit OAC 0% sebesar 6,5% memperoleh nilai stabilitas 914,821 Kg, nilai aliran 3,45 mm, dan nilai Kuosien Marshall 265,286 Kg/mm. Nilai volumetrik dari persentase kandungan pengisi abu batuan 100% dan persentase kandungan pengisi kapur dolomit OAC 0% sebesar 6,5% menghasilkan nilai VIM 4,153%, nilai VMA 18,391%, dan nilai VFB 79,671%.[14]. Berdasarkan hasil pengujian, maka didapatkan hasil nilai marshall memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 pada kadar aspal 6,2% - 7,4%, dengan nilai kadar aspal rata-rata adalah 6,8% sebagai kadar aspal paling optimum.[15].

## 2. Metodologi Penelitian

Lokasi pengambilan material berasal dari Sungai Sa'dan, Kecamatan Sa'dan, Kabupaten Toraja Utara. Jalan menuju lokasi cukup baik dilalui dengan kendaraan roda dua maupun roda empat untuk tiba di lokasi.

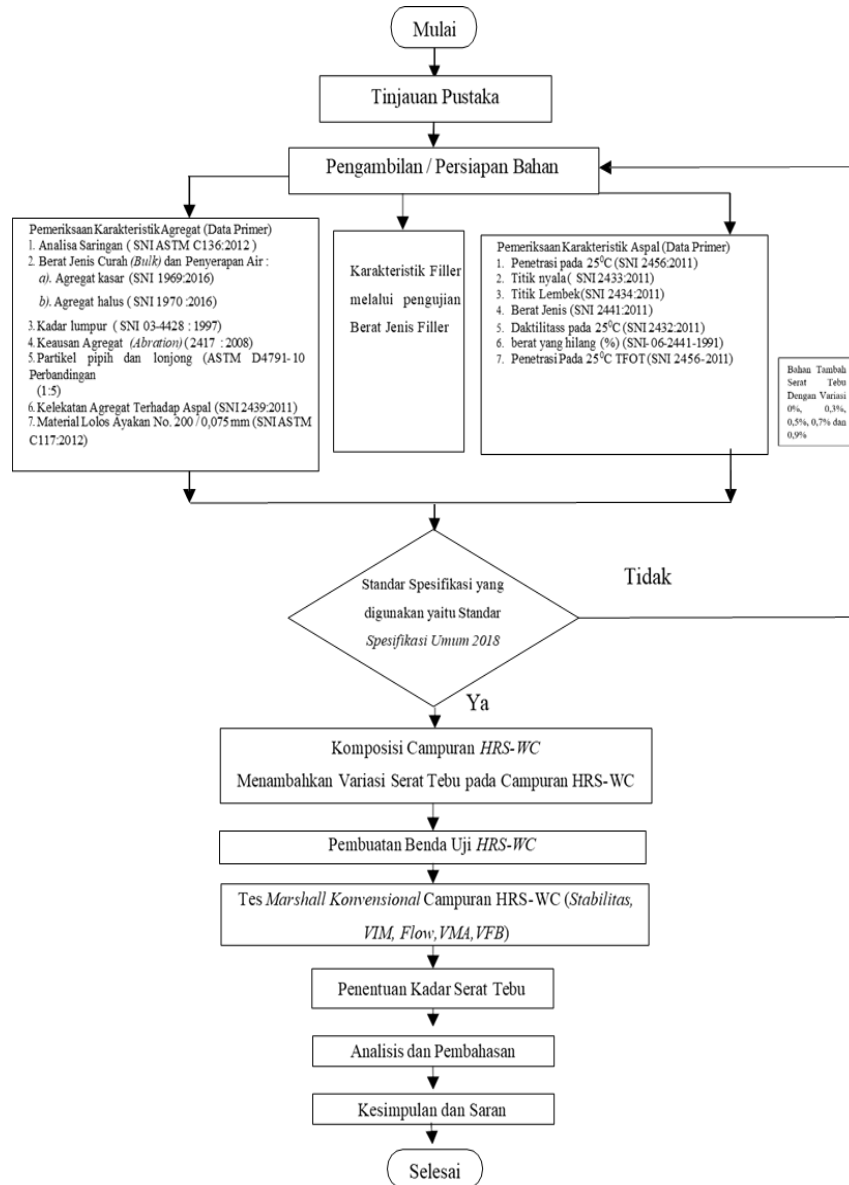


**Gambar 1.** Lokasi Pengambilan Material

Pengambilan *Bagasse fiber* (serat tebu) dikumpulkan dari pabrik gula di sekitar daerah penghasil tebu. Setelah dikumpulkan, limbah tersebut dibersihkan dari sisa kotoran, kemudian dijemur hingga kering, dan dipotong menjadi serat-serat kecil agar dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran HRS-WC.

### 2.1. Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### 2.2. Karakteristik Bahan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap karakteristik agregat batu Sungai Sa'dan, Kabupaten Toraja Utara, dan karakteristik *filler* :

- a. Abrasi dari mesin *los angeles*

Nilai ketahanan aus agregat kasar berikut ditentukan berdasarkan hasil uji keausan yang dilakukan menggunakan metode *Los Angeles*: Fraksi A, B, C, dan D masing-masing adalah 15,32%, 15,40%, 13,76%, dan 10,60%. Angka-angka ini berada dalam kisaran 40% yang ditentukan dalam Spesifikasi Jalan Raya Umum 2018.

- b. Berat Jenis (*bulk*) dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Hasil berikut diperoleh dari uji berat jenis dan penyerapan agregat kasar menggunakan dua sampel: berat jenis semu 2,71%, berat jenis curah 2,77%, berat jenis SSD 2,88%, dan penyerapan air 2,19%. Spesifikasi Jalan Raya Umum 2018, yang mensyaratkan penyerapan air maksimum 3% dan minimum 2,5% untuk berat jenis curah, berat jenis SSD, dan berat jenis semu, memenuhi semua hasil pengujian.

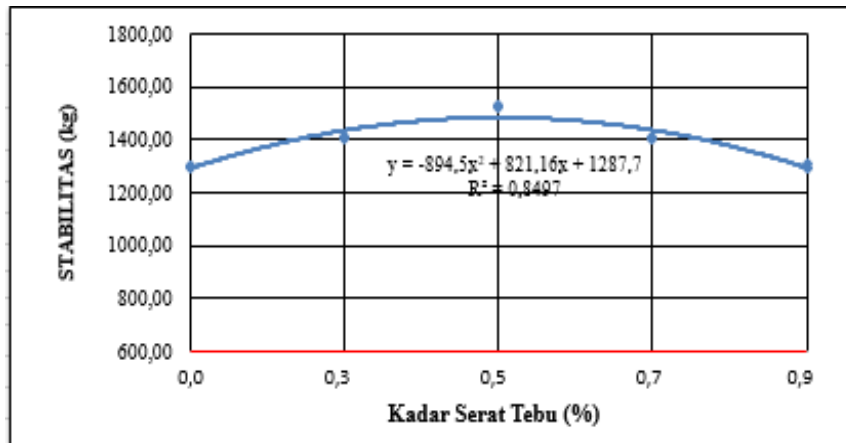
- c. Berat Jenis (*bulk*) dan Penyerapan Air Agregat Halus  
Berdasarkan hasil uji Berat Jenis Agregat Halus dan Kapasitas Penyerapan, kapasitas penyerapan air adalah 1,32%, berat jenis curah adalah 2,60%, berat jenis SSD (SSD) adalah 2,68%, dan berat jenis semu adalah 2,82%. Untuk berat jenis curah, berat jenis SSD, dan berat jenis semu, kapasitas penyerapan air harus minimal 2,88% dan tidak lebih dari 3%, sesuai dengan Spesifikasi Umum Jalan Raya 2018.
- d. Material Lolos Ayakan No. 200  
Nilai 0,60 ditentukan dengan menguji material yang lolos saringan No. 200.
- e. Nilai Setara Lumpur  
Uji nilai ekuivalen lumpur menunjukkan kadar lumpur sebesar 1,92% dan nilai ekuivalen pasir rata-rata dari kedua sampel tersebut adalah 98,08%.
- f. Partikel Pipih dan Lonjong  
Hasil uji kerataan dan ovalitas partikel agregat kasar menunjukkan nilai partikel datar masing-masing sebesar 6,69%, 6,65%, dan 9,48%. Sementara itu, nilai partikel oval masing-masing sebesar 2,82%, 4,11 persen, dan 9,71 persen. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yang menetapkan batas maksimum 10% untuk partikel datar dan oval, telah memenuhi semua hasil ini.
- g. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal  
Nilai kelekatan ditentukan berdasarkan persentase luas permukaan agregat yang terselimuti aspal, yaitu kurang dari 95% atau lebih dari 95%.
- h. Berat Jenis *Filler* ( Semen)  
Hasil pengujian berat jenis filler yaitu 3,09 Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tidak mencantumkan nilai batasan untuk berat jenis filler. Filler yang digunakan adalah semen dengan berat jenis 3,41.  
Berdasarkan hasil pengujian terhadap karakteristik aspal mendapatkan hasil :
  - a. Penetrasi 250C  
Hasil uji penetrasi menunjukkan nilai penetrasi sebesar 68,1 mm.
  - b. Daktilitas  
Nilai rata-rata yang diperoleh dari uji daktilitas adalah 138,2 cm. Hasil ini memenuhi persyaratan minimum 100 cm dalam Spesifikasi Jalan Raya Umum 2018.
  - c. Titik Lembek  
Hasil rata-rata uji titik pelunakan adalah 57,2 °C. Hasil ini memenuhi standar 48–58°C dalam Spesifikasi Jalan Raya 2018.
  - d. Titik Nyala  
Hasil rata-rata uji titik nyala adalah 290 °C. Hasil ini memenuhi persyaratan suhu minimum 232°C yang ditetapkan dalam Spesifikasi Jalan Raya 2018.
  - e. Berat Jenis  
Nilai rata-rata yang diperoleh dari uji berat jenis adalah 1,01 g/cc. Hasil ini memenuhi kriteria minimum 1,0 g/cc.
  - f. Berat Yang Hilang %  
Nilai rata-rata yang diperoleh dari uji penurunan berat badan adalah 0,05%. Hasil ini berada dalam batas maksimum 0,8% yang diizinkan oleh Spesifikasi Jalan Raya 2018.
  - g. Penetrasi pada 250C *Thin Film Oven Test*

Hasil penetrasi sebesar 68,1% diperoleh dari uji penetrasi *Thin Film Oven Test*. Hasil ini memenuhi Spesifikasi Jalan Raya 2018, yang mensyaratkan setidaknya 54% dari penetrasi awal.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 1. Hasil Pengujian *Marshall*

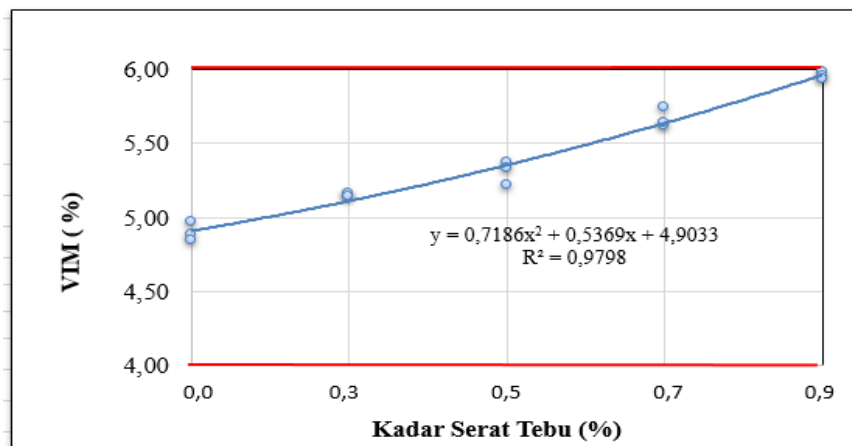
##### a. Analisa terhadap stabilitas



Gambar 3. Grafik Hubungan Variasi Serat Tebu Dengan Stabilitas Campuran HRS-WC

Dengan menggunakan variasi kadar serat tebu 0%–0,9% pada campuran HRS-WC, diperoleh nilai *stabilitas* sebesar 1298,20 kg pada kadar serat tebu 0%, meningkat menjadi 1408,38 kg pada kadar 0,3%, dan mencapai nilai tertinggi sebesar 1527,83 kg pada kadar 0,5%. Selanjutnya, nilai *stabilitas* mengalami penurunan pada kadar serat tebu 0,7% menjadi 1406,41 kg dan pada kadar 0,9% sebesar 1301,63 kg.

##### b. Analisis terhadap VIM

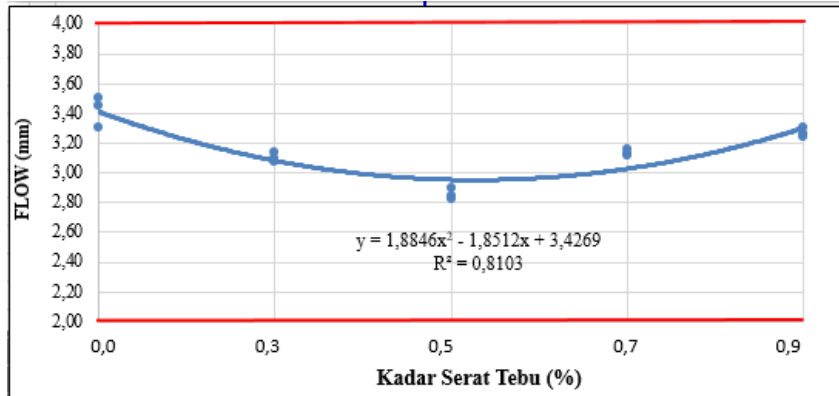


Gambar 4. Grafik Hubungan Variasi Serat Tebu Dengan VIM Campuran HRS-WC

Dengan menggunakan kadar serat tebu 0%–0,9% diperoleh nilai VIM untuk kadar serat tebu 0% sebesar 4,90%, kadar serat tebu 0,3% sebesar 5,15%, kadar serat tebu 0,5% sebesar 5,31%, kadar serat tebu 0,7% sebesar 5,67%, dan kadar serat tebu 0,9% sebesar 5,96%. Seluruh nilai

VIM pada variasi kadar serat tebu 0%–0,9% tersebut masih berada dalam batas yang dipersyaratkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

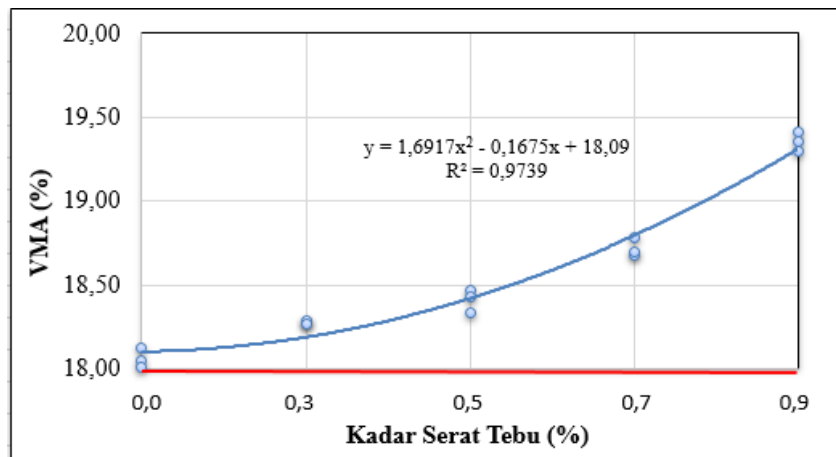
c. Analisis terhadap *Flow*



**Gambar 5.** Grafik Hubungan Variasi Serat Tebu Dengan Flow Campuran HRS-WC

Dengan menggunakan kadar variasi kadar serat tebu 0% - 0,9% diperoleh nilai *Flow* untuk kadar variasi serat tebu 0% sebesar 3,42 mm, untuk kadar serat tebu 0,3% diperoleh nilai *flow* sebesar 3,11 mm, untuk kadar serat tebu 0,5% diperoleh nilai *flow* sebesar 2,86 mm, untuk kadar serat tebu 0,7% diperoleh nilai *flow* sebesar 3,14 mm, dan untuk kadar serat tebu 0,9% diperoleh nilai *flow* sebesar 3,27 mm. Semua nilai *flow* dengan kadar variasi serat tebu 0% - 0,9% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

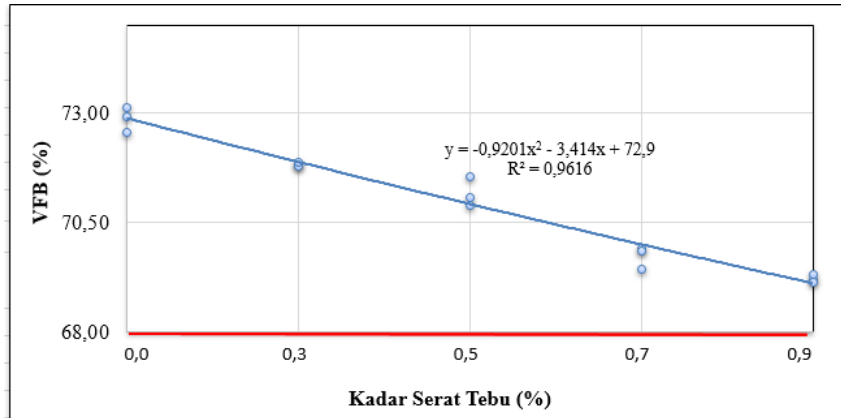
d. Analisis terhadap VMA



**Gambar 6.** Grafik Hubungan Variasi Serat Tebu Dengan VMA Campuran HRS-WC

Dengan menggunakan kadar variasi serat tebu 0% - 0,9% diperoleh nilai VMA untuk kadar serat tebu 0% sebesar 18,06 %, untuk kadar serat tebu 0,3% diperoleh nilai VMA sebesar 18,28%, untuk kadar variasi serat tebu 0,5% diperoleh nilai VMA sebesar 18,41%, untuk kadar serat tebu 0,7% diperoleh nilai VMA sebesar 18,72%, dan juga untuk kadar serat tebu 0,9% diperoleh nilai VMA sebesar 19,35%. Semua nilai VMA dengan kadar variasi serat tebu 0% - 0,9% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

e. Analisis terhadap VFB



**Gambar 7.** Grafik Hubungan Variasi Serat Tebu Dengan VFB Campuran HRS-WC

Dengan menggunakan kadar variasi serat tebu 0% - 0,9% diperoleh nilai VFB untuk kadar variasi serat tebu 0% sebesar 72,86 %, untuk kadar serat tebu 0,3% diperoleh nilai VFB sebesar 71,82%, untuk kadar serat tebu 0,5% diperoleh nilai VFB sebesar 71,17%, untuk kadar serat tebu 0,7% diperoleh nilai VFB sebesar 69,73%, dan juga untuk kadar serat tebu 0,9% diperoleh nilai VFB sebesar 69,21%. Semua variasi kadar serat tebu memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

f. Menentukan Kadar Serat Tebu Optimum

Berdasarkan hasil analisis karakteristik campuran HRS-WC dapat ditentukan kadar serat tebu dalam campuran HRS-WC yaitu kadar serat tebu yang memenuhi semua kriteria atau karakteristik campuran HRS-WC dan kadar serat tebu tersebut adalah rentang kadar serat tebu 0% - 0,9% untuk campuran HRS-WC.

Diagram analisis Kadar Serat Tebu Optimum													
VIM (%)	4 - 6	[Blue bars]										Ket.	
Stabilitas (kg)	Min 600	[Yellow bars]										Berwarna = Memenuhi Spesifikasi	
Flow (mm)	2 - 4	[Green bars]											
VMA (%)	Min 18	[Red bars]											
VFB (%)	Min 68	[Green bars]											
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
		0,00	0,30	0,50	0,70	0,90							
		Kadar Serat TEBU (%)											

**Gambar 8.** Diagram Analisis Kadar Serat tebu Optimum

Untuk kadar serat tebu optimum pada campuran HRS-WC dipilih yang memiliki nilai *stabilitas* paling tinggi yaitu 0,5% karena lataston HRS-WC merupakan jenis campuran beraspal yang digunakan sebagai bahan pelapis suatu lapisan permukaan pada perkerasan jalan raya untuk menerima dan meneruskan beban lalu lintas ke lapisan dibawahnya serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang melindungi kontruksi dibawahnya. Penggunaan kadar serat tebu yang cukup atau tidak terlalu banyak memungkinkan *stabilitas* yang baik

atau tinggi dalam hal ini serat tebu merupakan bahan pengisi rongga yang membuat volume udara dalam campuran agregat berkurang.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan rancangan komposisi campuran HRS-WC dengan penambahan serat tebu pada variasi kadar 0%, 0,3%, 0,5%, 0,7%, dan 0,9% dari total berat campuran, diperoleh nilai *stabilitas* tertinggi pada kadar serat tebu 0,5% dengan komposisi agregat kasar 29,64%, agregat halus 53,07%, *filler* 10,80%, dan aspal 6%. Pengujian *Marshall Konvensional* menunjukkan bahwa campuran HRS-WC semua memenuhi karakteristik campuran HRS-WC yaitu *Stabilitas*, *Flow*, *VIM*, *VMA*, *VFB*. Hasil pengujian *Marshall Immersion* menunjukkan bahwa nilai *Stabilitas Marshall* Sisa (SMS) campuran HRS-WC 91,65%, di atas batas minimum 90% sesuai spesifikasi Bina Marga 2018.

#### Daftar Pustaka

- [1] Latjemma Sudirman, “Studi Analisis Pemamfaatan Hasil Pengupasan Aspal Untuk Daur Ulang Campuran Hrs-Wc,” *J. Multidisiplin Madani*, Vol. 2, No. 10, Hlm. 3678–3687, Okt 2022, Doi: 10.55927/Mudima.V2i10.1410.
- [2] P. Cavin Marthin, D. Desriantomy, Dan R. Robby, “Kajian Pemanfaatan Limbah Kerikil Tambang Emas Dalam Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (Hrs-Wc): Study Of Utilization Of Gold Mining Gravel Waste In Mixed Hot Rolled Sheet Wearing Course (Hrs-Wc),” *J. Ilm. Tek. Sipil Transukma*, Vol. 4, No. 1, Hlm. 1–11, Des 2021, Doi: 10.36277/Transukma.V4i1.87.
- [3] R. M. Anshory, “Pengaruh Perubahan Titik Lembek Aspal Akibat Penambahan Viatop66 Terhadap Karakteristik Campuran Hrs-Wc,” *J. Sains Dan Teknol. Tadulako*, Vol. 6, No. 2, Hlm. 68–86, Agu 2020, Doi: 10.22487/Jstt.V6i2.369.
- [4] H. Hermansyah, A. F. Isnani, Dan F. Yanti, “Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Hrs-Wc Menggunakan Abu Sekam Padi,” *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, Vol. 5, No. 1, Hlm. 60, Jul 2022, Doi: 10.30737/Jurmateks.V5i1.2770.
- [5] S. R. Harnaeni Dkk., “Utilization Of Concrete Waste As The Substitute For Coarse Aggregates In Asphalt Mixtures,” *Civ. Eng. Archit.*, Vol. 10, No. 6, Hlm. 2396–2409, Nov 2022, Doi: 10.13189/Cea.2022.100613.
- [6] J. Teknik Sipil, E. W. Indriyati, B. S. Subagio, H. Rahman, Dan S. S. Wibowo, “Pengaruh Penggunaan Aspal Modifikasi Nano Zeolit Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Beraspal Panas Hrs-Wc,” *J. Tek. Sipil*, Vol. 31, No. 1, Hlm. 45–52, Mei 2024, Doi: 10.5614/Jts.2024.31.1.5.
- [7] D. S. L. W. Gutama, “Penggunaan Limbah Serbuk Keramik Sebagai Filler Pada Campuran Hot Rolled Sheet - Wearing Course (Hrs-Wc),” *J. Konstr. Dan Infrastruktur*, Vol. 11, No. 2, Okt 2023, Doi: 10.33603/Jki.V11i2.8821.
- [8] J. Melodi, R. Robby, Dan S. Salonten, “Kajian Pengaruh Abu Batu Kapur Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (Hrs-Wc),” *J. Kacapuri J. Keilmuan Tek. Sipil*, Vol. 4, No. 2, Hlm. 180, Feb 2022, Doi: 10.31602/Jk.V4i2.6425.

- [9] S. Yanti, Rosiana, D. Sandy, Dan Alpius, "Pengujian Batu Apung Sebagai Filler Pada Campuran Hrs-Wc," *Paulus Civ. Eng. J.*, Vol. 1, No. 2, Hlm. 50–57, Jan 2020, Doi: 10.52722/Pcej.V1i2.62.
- [10] Civil Engineeringstudy Program, Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia Jl. Brigjen H. Hasan Basri, Pangeran, Kalimantan Selatan 70123 Dkk., "Analysis Of Marshall Characteristics With Fly Ash Material For Stone Dust Substitution As Filler In Hrs-Wc Mixture," *Eng. Technol. J.*, Vol. 08, No. 11, Nov 2023, Doi: 10.47191/Etj/V8i11.19.
- [11]I. M. A. Ariawan, D. M. P. Wedagama, Elizar, K. A. Genta Putra, Dan I Putu Chandra Wibawa, "Mechanistic Characteristics Of Hrs-Wc Mixture Using Tabas Stone Waste Coated With Plastic Waste As Aggregate," *J. Geosci. Eng. Environ. Technol.*, Vol. 9, No. 3, Hlm. 363–371, Sep 2024, Doi: 10.25299/Jgeet.2024.9.3.14701.
- [12]K. R. Bela, "Perbandingan Nilai Karakteristik Marshall Untuk Campuran Hrs-Wc Menggunakan Material Dari Sungai Inbate Dan Sungai Bijaesahan," *J. Komposit*, Vol. 9, No. 1, Hlm. 51–61, Feb 2025, Doi: 10.32832/Komposit.V9i1.16663.
- [13]R. T. Bethary, D. E. Intari, Dan S. Asyiah, "Karakteristik Campuran Lataston (Hrs-Wc) Dengan Filler Gypsum Pada Aspal Modifikasi Polimer," *Jrst J. Ris. Sains Dan Teknol.*, Vol. 5, No. 2, Hlm. 91, Agu 2022, Doi: 10.30595/Jrst.V5i2.10456.
- [14]A. Sulistiyono, S. Said, Dan H. Azwansyah, "Characteristics Of The Mixture Of Lataston (Hrs-Wc) With Dolomite Limestone As A Filler In Asphalt Mixture," *J. Tek. Sipil*, Vol. 23, No. 2, Hlm. 299, Mei 2023, Doi: 10.26418/Jtst.V23i2.63061.
- [15]Didik S. S. Mabui, Marsudi, Dan Pangeran Holong Sitorus, "Uji Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Hrs-Wc Dengan Menggunakan Filler Batu Karang," *Konf. Nas. Tek. Sipil Konteks*, Vol. 1, No. 6, Feb 2024, Doi: 10.62603/Konteks.V1i6.125.