

Pengaruh Serat Ijuk Pada Campuran AC-WC Dengan Menggunakan Batu Gunung Bulu Tajongi

Yosilpa Kiding Rupa ^{*1}, Alpius ^{*2}, Elizabeth ^{*3}

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

^{*2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia alpiusnini@gmail.com^{*2} dan elizabethbongga5173@gmail.com^{*3}

Corresponding Author: yosilpakr@gmail.com

Abstrak

Laston sebagai lapisan aus/AC-WC (*Asphaltic Concrete-Wearing Course*) atau sebagai lapis permukaan adalah suatu bagian dari lapis perkerasan yang berada pada bagian permukaan yang dimana bersentuhan langsung dengan ban kendaraan, lapisan tersebut harus memiliki ketahanan terhadap air, serta memiliki ketahanan terhadap perubahan cuaca. Oleh karena itu campuran beraspal pada lapisan permukaan ini harus diperhatikan, apabila lapis permukaan memiliki campuran kurang baik maka dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada perkerasan dalam waktu yang singkat. Tujuan dari penelitian ini yakni agar dapat mengetahui karakteristik AC-WC dengan menggunakan Batu Gunung Bulu Tajongi Kabupaten Luwu Timur dan Serat Ijuk sebagai bahan tambahnya. Metode Penelitian ini yang digunakan karakteristik agregat, karakteristik *Filler*, dan Karakteristik Aspal, merupakan data sekunder. Dilanjutkan dengan komposisi campuran AC-WC dengan kadar serat ijuk 0%, 1%, 2%, 3%, 4%. Hasil analisis dengan penambahan serat ijuk diperoleh nilai stabilitas minimum 1000 kg berada pada kadar serat ijuk 4,77% , dan stabilitas maksimal 1581,13 kg berada pada kadar serat ijuk 2,20%, nilai minimum VIM berada pada kadar serat ijuk 12,04%, nilai minimum *Flow* berada pada kadar serat ijuk 5,07%, nilai VMA minimum pada kadar serat ijuk 5,10%, dan nilai VFB telah memenuhi batas minimum yaitu 65% dari kadar serat ijuk 0% - 4%. Dengan pengujian *Marshall Konvensional* di peroleh hasil analisis pengujian benda uji dengan nilai stabilitas terendah dari kadar aspal 5 % memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga 2018. Sehingga dapat disimpulkan bahwa serat ijuk layak digunakan sebagai bahan tambah.

Kata kunci : Serat Ijuk, *Marshall Konvensional*, Lapisan AC-WC

Abstract

Laston as a surface layer or as a wear / AC-WC (*Asphaltic Concrete-Wearing Course*) layer is a pavement layer that is directly related to vehicle tires, a layer that must be waterproof, and resistant to weather. This study was conducted to determine the characteristics of the AC-WC mixture using Mount Bulu Tajongi Stone in East Luwu Regency and Ijuk Fiber as the added material. This research method used aggregation characteristics, filler characteristics, and asphalt characteristics, is a secondary data. Continued with the composition of the AC-WC mixture with fiber. The results of the analysis with the addition of ijuk fiber obtained a minimum stability value of 1000 kg at an ijuk fiber content of 4.77%, and a maximum stability of 1581.13 kg was at a fiber content of 2.20%, the minimum value of VIM was at a fiber content of 12.04%, the minimum value of Flow was at a fiber content of 5.07%, the minimum VMA value at a fiber content of 5.10%, and the VFB value had met the minimum limit of 65% of the fiber content of 0% - 4%. With Conventional

Marshall testing, the results of the test object test analysis with the lowest stability value of 5% asphalt content meet the 2018 Bina Marga Specification Standards. So it can be concluded that ijuk fiber is suitable for use as an added ingredient.

Keywords : *Fiber Ijuk, Conventional Marshall, AC-WC*

PENDAHULUAN

Laston sebagai lapisan Aus/AC-WC (*Asphaltic Concrete-Wearing Course*) atau sebagai lapis permukaan adalah suatu bagian dari lapis perkerasan yang berada pada bagian permukaan yang dimana bersentuhan langsung dengan ban kendaraan, lapisan tersebut harus memiliki ketahanan terhadap air, serta memiliki ketahanan terhadap perubahan cuaca. Oleh karena itu campuran beraspal pada lapisan permukaan ini harus diperhatikan, apabila lapis permukaan memiliki campuran kurang baik maka dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada perkerasan dalam waktu yang singkat.

Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi kerusakan pada jalan dan membuat perkerasan aspal yang tahan retak dengan menambahkan serat ijuk. Bahan tambah campuran AC-WC yakni serat ijuk dapat membuat kualitas dari campuran yang dibuat meningkat dikarenakan serat ijuk yang merupakan serat alami pada pangkal pohon aren yang mempunyai kemampuan tarik yang cukup untuk dapat mengurangi keretakan dini. Dengan memiliki daya tarik yang kuat, fleksibilitas yang tinggi dan dapat menahan gaya geser menjadi alasan digunakan serat ijuk sebagai bahan tambah. Pengujian yang dilakukan yaitu menggunakan *Marshall Test*, dan menghasilkan nilai Stabilitas, *Flow*, VIM, VMA, dan VFB. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat campuran AC-WC dengan penambahan ijuk dan juga untuk mengetahui pengaruh penambahan ijuk pada campuran AC-WC.

Sebelum penelitian ini dilakukan, telah banyak dilakukan penelitian yang sejenis diantaranya yaitu Pemanfaatan Batu Masuppu Kecamatan Masanda pada AC-WC Hasil penelitian yang dilakukan memperlihatkan bahwa penggunaan material Masuppu Kecamatan Masanda memenuhi spesifikasi sifat material perkerasan jalan.[1], Pemanfaatan Batu Sungai Melli Kecamatan Baebunta Kabupaten Luwu Utara dalam Campuran AC-WC Dari hasil pengujian memperlihatkan bahwa grade yang dipakai dalam campuran AC-WC menggunakan material dari Sungai Meli yaitu untuk agregat kasar menggunakan 36,90%, agregat halus menggunakan 50,30%, *filler* menggunakan 5,80%, dan untuk bitumen menggunakan minimal 7,00%. [2], Pemanfaatan Limbah Nikel Sorowako Dalam Campuran Stone Matrix Asphalt Kasar Dari pengujian memperlihatkan hasil bahwa material tambahan yang dimanfaatkan yaitu *slag nickel* bisa dipakai untuk pelengkap campuran aspal karena telah memenuhi Standar Persyaratan Umum, Bina Marga 2018 [3], Pemanfaatan abu limbah bongkol jagung sebagai bahan pengisi pada campuran AC-WC sebagai bahan pengganti, Dari hasil pengujian diperoleh hasil *flow* 0%-100% (2.41mm - 3.47mm), stabilitas 0% - 100% (1110.17kg - 1436.40kg), untuk VMA 0- 100% sebagai berikut: (14,56% - 15,72%), VIM 0 - 100%: (3,21% - 4,16) dan untuk VFB 0-100%: (73,55% - 77,96%) [4], Pemanfaatan Agregat Sungai Lamasi Kabupaten Luwu Sebagai Campuran Lapisan Aspal Beton AC-WC hasil uji *marshall immertion* campuran AC-WC Laston memenuhi syarat yang telah digunakan yakni Spesifikasi Umum Divisi 6 Tahun 2018 dengan kadar aspal optimum 7,50% [5], Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Batu Sungai Sangtanete Dan Bahan Tambah Kantong Plastik diperoleh nilai VIM yakni 4,80%, stabilitas 1757 kg, *flow* 3,51mm, VFB 70,12%, VMA adalah 16,18% dan nilai tersebut telah memenuhi standar teknis Bina Marga 2018 [6], Uji Karakteristik Campuran AC - WC Menggunakan Batu Gunung Tambolang Kabupaten Toraja Utara Hasil pengujian sifat agregat batuan gunung Tambolang Kabupaten Toraja Utara telah sesuai dengan standar

yang digunakan yaitu spesifikasi umum Bina Marga sebagai campuran AC - WC [7], Pemanfaatan Agregat Sungai Mawa Kecamatan Cendana Dalam Campuran AC-WC dari pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa campuran AC-WC memiliki kadar aspal optimum sebesar 7%. [8], Karakteristik campuran AC-WC Dengan menggunakan aditif limbah ban, Hasil uji yang dilakukan menunjukkan bahwa rongga yang ada pada campuran dapat diminimalisir dengan menambahkan limbah karet ban tersebut kedalam campuran yang dapat membuat campuran tersebut lebih tahan dari kerusakan yang disebabkan oleh air. [9], Studi penggunaan agregat sungai Bittuang sebagai campuran AC-WC Hasil pengujian sifat campuran AC-WC dengan uji *Marshall* konvensional didapatkan kadar aspal optimum 5,00% mencapai kriteria teknis stabilitas, *flow*, VIM, VFB, sedangkan VMA tidak memenuhi spesifikasi [10].

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk penelitian ini yakni dengan melakukan serangkaian percobaan di Laboratorium Jalan dan Aspal Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Paulus dengan sistem pencampuran aspal panas *Asphaltic Concrete – Wearing Course* (AC – WC). Di dalam pengujian ini, karakteristik agregat, karakteristik *filler*, dan karakteristik aspal menggunakan data sekunder, kemudian dilanjutkan dengan rancangan komposisi campuran AC – WC (data sekunder Nimrod M Sinawan 2021) dengan proporsi serat ijuk 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% dari total berat aspal yang telah dibersihkan dan dipotong-potong $\pm 2\text{ cm}$, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan benda uji campuran AC – WC. Selanjutnya dilakukan pengujian *Marshall Konvensional*. Setelah pengujian di dalam Laboratorium selesai, kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data berupa analisis dan pembahasan. Tahapan akhir dari penelitian ini adalah membuat kesimpulan dan saran penelitian, kemudian tahapan penelitian selesai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Agregat Gunung Bulu Tajongi

Dari hasil pengujian yang dilakukan maka diketahui hasil untuk keausan agregat pada Fraksi A (8,8), B (9,2), C(9,8) dan Fraksi D (10,04), nilai pada masing – masing fraksi tersebut telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam SNI 2417:2008 yakni maksimal 40%. Pada pengujian *Sand Equivalent* didapatkan hasil yaitu (96,71) dan hasil tersebut telah sesuai dengan standar spesifikasi yang digunakan (SNI 03-4428-1997) yaitu minimal 60% dan hasil pengujian Kadar Lumpur (3,29) sudah sesuai dengan standar spesifikasi yang telah ditentukan (SNI 03-4428-1997) yakni maksimal 5%. Pada pengujian *Bulk* didapatkan hasil yakni 2,77, untuk SSD didapatkan hasil yakni 2,88, untuk *apparent* didapatkan hasil yakni 2,91 dan penyerapan didapatkan hasil yakni 1,77, nilai masing-masing pengujian tersebut telah sesuai dengan persyaratan yang ditentukan dalam SNI 1969 -2008 yaitu minimal 2,5% untuk *bulk*, SSD, sedangkan daya serap maksimal 3%. Pada pengujian ini dilakukan analisa saringan pada agregat dengan menggunakan ukuran saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, 4, 8, 16, 30, 50, 100 dan 200 dan keseluruhan pengujian dari masing – masing ukuran saringan telah memenuhi persyaratan dalam SNI ASTM C136:2012. Hasil pengujian yang dilakukan pada Bahan Uji Ayakan Lolos 200 adalah 8.10% yang memenuhi spesifikasi SNI 03-4142-1996 yaitu tidak lebih dari 10%. Untuk hasil pengujian kelekatan agregat terhadap hasil tes aspal adalah >97% yang dimana hasil tersebut telah sesuai dengan persyaratan yang ditentukan yaitu minimal 95%. Pada nilai pengujian terhadap berat jenis *filler* adalah 3,10. Hasil keseluruhan pengujian yang telah didapatkan dapat dilihat bahwa karakteristik agregat Gunung Bulu Tajongi telah memenuhi persyaratan yang terdapat dalam SNI sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan agregat dari Gunung Bulu Tajongi sangat baik untuk digunakan dalam komposisi campuran aspal.

2. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal (Data Sekunder)

Pengujian karakteristik aspal untuk semua jenis pengujian dengan menggunakan Metode SNI 2456-2011 dengan hasil memenuhi (pengujian penetrasi pada suhu 25C, Daktilitas Pada Suhu 25 °c, Titik Lembek Aspal, Titik Nyala, Berat Jenis, Berat Yang Hilang, dan Penetrasi pada suhu 25 °c TFOT).

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi Bina Marga 2018		Satuan	Ket
			Min	Max		
Penetrasi pada suhu 25 °c	SNI 2456-2011	65,7	60	70	0,1 mm	Memenuhi Standar
Daktilitas Pada Suhu 25 °c	SNI 2432-2011	150	≥ 100		Cm	Memenuhi Standar
Titik Lembek Aspal	SNI 2434-2011	53,5	≥ 48			Memenuhi Standar
Titik Nyala (°c)	SNI 2433-2011	290	≥ 232		°C	Memenuhi Standar
Berat Jenis	SNI 2441-2011	1,016	≥ 1,0		-	Memenuhi Standar
Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	0.184	≥ 0,8		%	Memenuhi Standar
Penetrasi pada suhu 25 °c TFOT	SNI 03-6835-2002	84,47	54		% semula	Memenuhi Standar

3. Hasil Pengujian Karakteristik Filler

Hasil pengujian berat jenis *filler* menggunakan Metode SNI 03-1969-1990 menghasilkan nilai hasil uji 3,10%.

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis Filler

No.	Pengujian	Metode	Spesifikasi		Hasil Uji	Satuan
			Min	Max		
1.	Pemeriksaan berat jenis <i>filler</i>	SNI 03-1969-1990	2,5 %	-	3,10	-

4. Karakteristik Campuran Berdasarkan Pengujian Marshall Konvensional menggunakan Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah

a. Analisis Terhadap Stabilitas

Tabel 3. Nilai Stabilitas Pengujian Karakteristik Campuran AC-WC

Kadar Serat Ijuk (%)	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00
Stabilitas	1162.35	1371.57	1499.43	1394.82	1348.33
Rata-Rata	1128.69	1394.82	1476.18	1406.44	1336.70
Persyaratan	1208.84	1418.07	1511.06	1418.07	1313.46
	1166.63	1394.82	1495.56	1406.44	1332.83
			Min 1000 (kg)		



Gambar 1. Serat ijuk

Dengan menggunakan kadar serat ijuk 0% - 4% untuk campuran laston lapis aus didapatkan hasil untuk stabilitas pada kadar serat ijuk 0% (1166,63 kg), untuk stabilitas pada kadar serat ijuk 1% (1394,82 kg), untuk stabilitas pada kadar serat ijuk 2% (1495,56 kg), untuk stabilitas pada kadar serat ijuk 3% (1406,44 kg), dan untuk stabilitas pada kadar serat ijuk 4% (1332,83 kg). Dari keseluruhan nilai stabilitas pada campuran AC-WC telah sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yakni minimal nilai stabilitas 1000 kg.



Gambar 2. Grafik hubungan variasi serat ijuk dengan stabilitas campuran AC-WC

Berdasarkan grafik hubungan kadar serat ijuk dengan stabilitas pada Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas mengalami kenaikan dari kadar serat 0% - 2% setelah itu mengalami penurunan dari kadar serata ijuk 3% - 4% . Maka penggunaan serat ijuk dalam campuran AC-BC akan maksimal pada kadar 2%, karena penambahan kadar serat ijuk yang banyak akan mengurangi kerapatan antar agregrat yang mengakibatkan penurunan stabilitas.

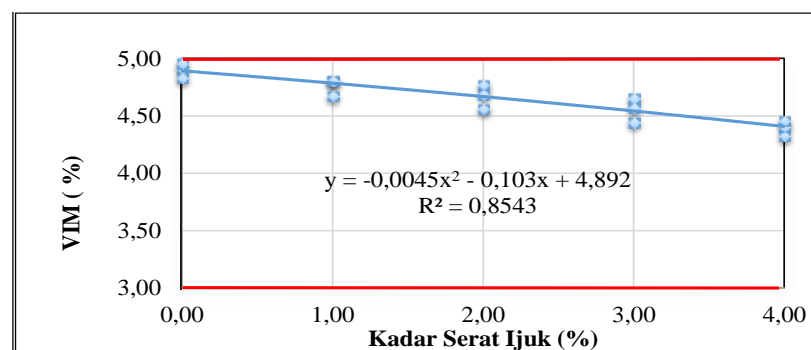
b. Analisa terhadap VIM (*Void in Mixture*)

Untuk penggunaan kadar serat ijuk dari 0% sampai 4%, hasil VIM 0% adalah 4,90%, untuk kadar serat ijuk 1% hasil VIM adalah 4,76 %, untuk kadar serat ijuk 2% Didapatkan hasil untuk

VIM yakni 4,67%, kadar serat 3% didapatkan hasil untuk VIM yakni 4,56% dan kadar serat ijuk 4% didapatkan hasil untuk VIM yakni 4,40%. Nilai VIM campuran AC-WC sesuai dengan spesifikasi umum Bina Marga 2018.

Tabel 4. Nilai VIM dari Pengujian Karakteristik Campuran AC-WC

Kadar Serat Ijuk (%)	VIM AC-WC				
	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
VIM	4.91	4.80	4.69	4.65	4.33
	4.96	4.68	4.56	4.44	4.41
	4.83	4.80	4.77	4.57	4.46
Rata-Rata	4.90	4.76	4.67	4.56	4.40
Persyaratan	3 - 5 (%)				



Gambar 3. Grafik hubungan variasi serat ijuk dengan VIM campuran AC-WC

Penggunaan kadar serat ijuk yang semakin tinggi maka nilai VIM semakin kecil begitu pula sebaliknya. Penggunaan serat ijuk yang banyak membantu mengurangi rongga udara dalam campuran.

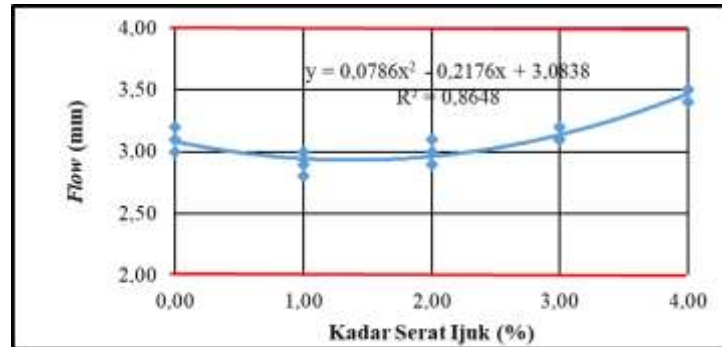
c. Analisa Terhadap Flow

Dengan menggunakan kadar serat ijuk 0%-4% didapatkan hasil untuk *Flow* pada kadar serat ijuk 0% sebesar 3,10 mm, kadar serat ijuk 1% menurun yakni sebesar 2,90 mm, kadar serat ijuk 2% didapatkan hasil untuk *Flow* sebesar 3,00 mm, kadar serat ijuk 3% diperoleh nilai *Flow* yakni 3,13 mm, dan pada kadar serat ijuk 4% diperoleh nilai *Flow* sebesar 3,47 mm. Dari keseluruhan nilai dapat diketahui bahwa *Flow* untuk campuran AC-WC tersebut memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Tabel 5. Nilai Flow dari Pengujian Karakteristik Campuran AC-WC

Kadar Serat Ijuk (%)	FLOW AC-WC				
	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00
<i>Flow</i>	3,20	3,00	2,90	3,10	3,40
	3,00	2,80	3,10	3,20	3,50
	3,10	2,90	3,00	3,10	3,50

Rata-Rata	3.10	2.90	3.00	3.13	3.47
Persyaratan	2 - 4 (mm)				



Gambar 4. Grafik hubungan variasi serat ijuk dengan *flow* campuran AC-WC

Jika ditambahkan serat ijuk yang banyak akan memperbesar rongga campuran yang mengakibatkan kekuatan campuran menurun tetapi kelelahan bertambah besar. Hal ini menunjukkan stabilitas berbanding terbalik dengan nilai *Flow*, semakin tinggi nilai Stabilitas maka nilai *Flow* semakin rendah.

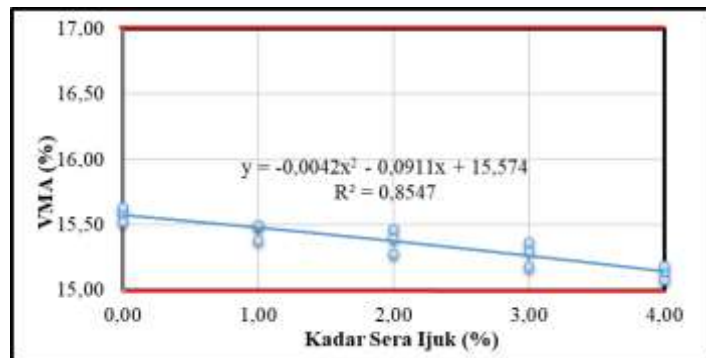
d. Analisa Terhadap VMA

Pemakaian kadar variasi serat ijuk 0%-4% didapatkan hasil untuk VMA 0% sebesar 15,58%, kadar serat ijuk 1% didapatkan hasil untuk VMA sebesar 15,46%, kadar serat ijuk 2% didapatkan hasil untuk VMA sebesar 15,38%, kadar serat ijuk 3% didapatkan hasil untuk VMA sebesar 15,28%, dan kadar serat ijuk 4% didapatkan hasil untuk VMA sebesar 15,14%. Keseluruhan hasil VMA untuk campuran AC-WC tersebut memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Tabel 6. Nilai VMA dari Pengujian Karakteristik Campuran AC-WC

VMA AC-WC					
Kadar Serat Ijuk (%)	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00
VMA	15,59	15,50	15,39	15,36	15,07
	15,63	15,38	15,28	15,18	15,14
	15,52	15,50	15,47	15,29	15,19
Rata-Rata	15,58	15,46	15,38	15,28	15,14
Persyaratan	Min 15 (%)				

Jika kadar serat ijuk yang digunakan semakin tinggi maka rongga dalam agregat juga semakin kecil sehingga nilai VMA menurun dan jika kadar serat ijuk yang dipakai kecil maka semakin besar pula nilai VMA tersebut, hal ini diakibatkan oleh pemakaian kadar serat ijuk yang banyak pada saat pencampuran dan pepadatan membantu aspal menutupi agregat dan mengisi rongga dalam agregat.



Gambar 5. Grafik hubungan variasi serat ijuk dengan VMA campuran AC-WC

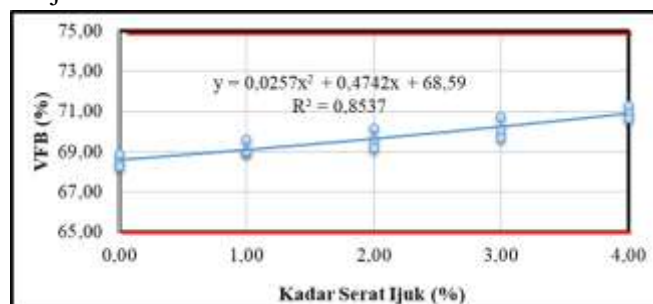
e. Analisa Terhadap VFB (*Void Filled with Bitumen*)

Pemakaian kadar variasi serat ijuk 0%-4% didapatkan nilai untuk VFB 0% sebesar 68,54%, kadar serat ijuk 1% didapatkan hasil untuk VFB sebesar 69,20%, kadar serat ijuk 2% didapatkan hasil untuk VFB sebesar 69,62%, kadar serat ijuk 3% didapatkan hasil untuk VFB sebesar 70,17%, dan pada kadar serat ijuk 4% didapatkan hasil untuk VFB sebesar 70,94%. Keseluruhan hasil VFB untuk campuran AC-WC tersebut memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Tabel 7. Nilai VFB dari Pengujian Karakteristik Campuran AC-WC

Kadar Serat Ijuk (%)	VFB AC-WC				
	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00
VFB	68,49	68,99	69,54	69,70	71,28
	68,27	69,60	70,15	70,71	70,89
	68,86	68,99	69,16	70,09	70,65
Rata-Rata	68,54	69,20	69,62	70,17	70,94
Persyaratan	Min 65 (%)				

Penggunaan ijuk dalam jumlah sedikit dapat menurunkan nilai VFB, karena berkurangnya serat ijuk dapat membuat pori - pori pada campuran sedikit terisi. Sebaliknya, penggunaan kandungan serat ijuk akan meningkatkan nilai VFB, karena peningkatan kandungan serat ijuk pada campuran akan menyebabkan semakin banyak celah pada campuran untuk diisi dengan serat ijuk.



Gambar 6. Grafik hubungan variasi serat ijuk dengan VFB campuran AC-WC

KESIMPULAN

Hasil pengujian sifat campuran AC-WC Marshall konvensional dengan penambahan serat ijuk, yaitu jika kadar serat meningkat maka stabilitas dan nilai VFB akan meningkat untuk setiap kandungan serat, akan terjadi penurunan nilai VIM, *flow*, dan VMA. Karakteristik *Marshall* memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Pengaruh penambahan ijuk dapat meningkatkan kapasitas campuran AC-WC, dimana nilai stabilitas meningkat karena kemampuannya memperkuat ikatan antar agregat. Pengaruh penambahan serat ijuk dapat meningkatkan kemampuan campuran laston AC-WC, dimana nilai stabilitas meningkat karena mampu membuat ikatan antara agregat menjadi lebih kuat.

DAFTAR ISI

- [1] A. S. Sau'langi, Pemanfaatan Abu Limbah Bonggol Jagung Sebagai Bahan Substitusi *Filler* Untuk Campuran AC-WC, *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 4, hlm. 587-594, 2021.
- [2] Deamayes, Pemanfaatan Batu Sungai Melli Kecamatan Baebunta Kabupaten Luwu Utara Dalam Campuran AC-WC, *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 1, hlm. 85-91, 2021.
- [3] F. P. Supit, Pemanfaatan Limbah Nikel Sorowako Dalam Campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 1, hlm. 63-69, 2021.
- [4] Febrianto, "Pemanfaatan Batu Sungai Masuppu Kecamatan Masanda Dalam Campuran AC-WC, *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 2, hlm. 225-234, 2021.
- [5] F. Tandiyu, Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Batu Sungai Sangtanete Dan Bahan Tambah Kantong Plastik, *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 4, no. 1, hlm. 126-132, 2022.
- [6] I. M. Batara, Pemanfaatan Agregat Sungai Lamasi Kabupaten Luwu Sebagai Campuran Lapisan Aspal Beton AC-WC, *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 2, no. 3, hlm. 171-179, 2020.
- [7] I. S. K. Sosang, Pemanfaatan Agregat Sungai Mawa Kecamatan Cendana Dalam Campuran AC-WC," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 2, no. 1, hlm. 53-57, 2020.
- [8] M. I. Asrinto, Uji Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Batu Gunung Tambolang Kabupaten Toraja Utara, *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 2, hlm. 183-190, 2021.
- [9] N. Wendani, Studi Penggunaan Agregat Sungai Bittuang Sebagai Bahan Campuran AC-WC, *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 2, no. 2, hlm. 138-144, 2020.
- [100] Alpius, Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Bahan Tambah Limbah Ban Bekas, *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 3, hlm. 379-387, 2021.