

Pemanfaatan Abu Serabut Kelapa Sebagai Substitusi *Filler* Dalam Campuran AC-WC Menggunakan Agregat Sungai Pappa

Triyono Patelle ^{*1a}, Elizabeth ^{*2}, Eltrit Bima Fitrian ^{*3}

Submit:

20 Januari 2024

Review:

28 Februari 2024

Revised:

20 April 2024

Published :

15 September
2024

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, triyonopatalle21@gmail.com

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

^{*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, eltrit_bimafitrian@ukipaulus.ac.id

^aCorresponding Author: triyonopatalle21@gmail.com

Abstrak

Jalan adalah unsur yang sangat penting dalam sarana dan prasarana. Sabut kelapa dapat diolah menjadi kerajinan seperti sapu, keset, dan kain pelapis, namun dalam penelitian yang sedang berjalan, sabut kelapa banyak digunakan sebagai bahan pengisi sebagian *filler*. Maksud dari studi ini adalah untuk mencari sifat-sifat campuran AC-WC. Metode yang digunakan adalah serangkaian pengujian sifat pengisi abu sabut, pembuatan sampel uji dari campuran AC-WC dan uji *Marshall*. Hasil uji karakteristik campuran AC-WC menunjukkan kestabilan dari 0% hingga 100%: 1228,28 kg hingga 980,19 kg, *flow* antara 3,62mm hingga 4,36mm, VIM antara 4,87% hingga 4,55%, VMA antara 16,47% hingga 13,84%, dan VFB antara 70,45% hingga 67,12% pada kadar abu serabut kelapa 0% hingga 100%. Bila kadar abu sabut kelapa antara 0 sampai dengan 25% maka nilai kestabilan, *flow*, VIM, VMA, dan VFB mencapai persyaratan. Pada kadar abu 50%, stabilitas, *flow*, VIM dan VFB mencapai persyaratan, namun VMA tidak. Pada kadar abu antara 75 dan 100%, stabilitas, VIM dan VFB mencapai ketentuan, namun *flow* dan VMA tidak. Jika abu sabut kelapa digunakan sebagai bahan pengisi *filler*, maka hanya 25% kadar abu yang memenuhi persyaratan Umum Bina Marga 2018.

Kata kunci : AC-WC, Substitusi *Filler*, Abu, serabut, kelapa

Abstract

Roads are a very important element in facilities and infrastructure. Coconut fiber can be processed into crafts such as brooms, doormats and upholstery, but in ongoing research, coconut fiber is widely used as a filler material. The aim of this research is to determine the properties of the AC-WC mixture. The method used was a series of tests on the properties of coir ash filler, making test samples from the AC-WC mixture and the Marshall test. The AC-WC mixture characteristic test results show stability from 0% to 100%: 1228.28 kg to 980.19 kg, flow between 3.62mm to 4.36mm, VIM between 4.87% to 4.55%, VMA between 16, 47% to 13.84%, and VFB between 70.45% to 67.12% at coconut fiber ash content of 0% to 100%. If the coconut fiber ash content is between 0 and 25%, the stability, flow, VIM, VMA and VFB values reach the requirements. At 50% ash content, stability, flow, VIM and VFB reach the requirements, but VMA does not. At ash content between 75 and 100%, stability, VIM and VFB reach the requirements, but flow and VMA do not. If coconut fiber ash is used as a filler, then only 25% of the ash content reaches the 2018 General Bina Marga requirements..

Keywords : AC-WC, Substitution Filler, Ash, fiber, coconut

PENDAHULUAN

Serabut kelapa merupakan zat berserat dengan tebal kurang lebih 5 cm. Ini adalah bagian terluar buah kelapa. 40% serabut berbulu, dan 60% adalah serat matras. 18 bagian serat matras, 12 bagian serat berbulu, dan 70 bagian sekam diekstraksikan dari 100 gram serat yang diabstraksi. Secara teknis, serabut kelapa memiliki keunggulan karena lebih ringan dibandingkan serat lainnya, dan mempunyai panjang 15 hingga 30 sentimeter, dan tahan terhadap pelapukan, dan tekanan mekanis (gesekan dan pukulan)[1], Serabut kelapa yang dipakai pada studi ini diperoleh dari limbah buah kelapa yang sudah tidak digunakan. Penggunaan abu serabut kelapa didasarkan pada sifat *pozolanik* dari serabut kelapa itu sendiri. Sifat *pozolanik* tersebut memungkinkan reaksi dengan kalsium hidroksida dan air, yang dapat menyebabkan pengerasan. Kandungan senyawa abu serabut kelapa memiliki kesamaan dengan semen. Pada penelitian kali ini akan melakukan inovasi dengan memanfaatkan Abu Serabut Kelapa sebagai *filler* dalam campuran AC-WC guna meningkatkan nilai stabilitasnya, dan durabilitas, sekaligus menjadi salah satu langkah sebagai penanganan pengurangan limbah dengan peningkatan nilai fungsinya. Adapun beberapa penelitian sejenis terdahulu diantaranya. Hasil penelitian diperoleh kadar aspal yaitu 5,0% pada komposisi campuran abu pinang hasil uji abu kulit pinang adalah: Stabilitas sebanyak 3517,91kg, VIM sebanyak 4,20%, VMA adalah 14,26%, VFB sebanyak 70,77%, serta Flow sebanyak 2,50mm[2]. Penelitian berikutnya “Pemanfaatan Abu Cangkang Sawit (ACS) Untuk Substitusi Filler Pada Lapisan AC-WC” hasil penelitian didapatkan komposisi terbaik untuk substitusi Abu Cangkang Sawit (ACS) dan Semen adalah 50% Abu dan 50% semen pada kadar aspal 5,00% dengan nilai stabilitas 852,27kg, yang sudah mencapai persyaratan bina marga[3]. Pada penelitian selanjutnya “Pengaruh penggunaan substitusi bahan pengisi serbuk kayu pada campuran aspal beton”, komposisi optimal untuk variasi bahan pengisi serbuk kayu (ASK) adalah varian substitusi 5% yang memberikan kestabilan sebesar 1313,42 kg. [4]. Kajian lanjutan dari penelitian ini mengevaluasi sifat-sifat agregat Sungai Mawa dan aspal penetrasi 60/70 yang dipakai pada campuran AC-WC standar yang telah ditetapkan memenuhi persyaratan. [5]. Studi berikutnya adalah “Penggunaan Abu Limbah Rak Telur Sebagai Pengganti Bahan Pengisi Campuran Laston Ac-Wc”. Hasil kajian sifat campuran Ac-Wc dimana abu rak telur menggantikan semen dengan kadar abu hanya 25% Setara dengan persyaratan umum Bina Marga 2018. [6] “Kandungan aspal optimal pada lapisan keausan Laston dengan memakai abu jerami sebagai pengganti bahan pengisi”. Sifat pencampuran Laston AC-WC menggunakan batu sungai Tiaka dan abu jerami sebagai pengganti bahan pengisi menunjukkan bahwa stabilitas, flow, VIM, dan VFB sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Namun, VMA pada kadar 5,0% hingga 5,5% tidak sesuai dengan spesifikasi, sementara pada kadar 6,0% hingga 7,0% sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.[7]. Penelitian menunjukkan bahwa dalam pencampuran aspal, dengan penggunaan filler abu ampas tebu bersama sement portland dalam variasi 50% dengan kadar aspal sebesar 5,87%, stabilitas 1342,74kg[8]. Diperoleh hasil pengujian flow 0% hingga 100% sebanyak 2,41 mm hingga 3,47 mm. Stabilitas 0% hingga 100% sebanyak 1110,17 kg hingga 1436,40 kg. VMA 14,56% hingga 15,72%. VIM sebanyak 3,21% - 4,16% serta VFB 73,55% - 77,96%. [9]. Pada penelitian ini diperoleh data yang telah sesuai dengan persyaratan dari Bina Marga 2018. Nilai yang diperoleh adalah untuk VIM sebanyak 4,80%, stabilitas mencapai 1,757 kg, flow sebanyak 3,51 mm, VFB sebanyak 70,12%, dan VMA sebanyak 16,18%.[10].

METODOLOGI

A. Lokasi Pengambilan Agregat

Agregat yang digunakan diperoleh dari Sungai Pappa, Kecamatan Polong Bangkeng, Kabupaten Takalar, dengan jarak $\pm 8,7$ km dari pusat Kota Takalar. Pengambilan Material dengan metode manual yaitu dengan tangan dan ditempatkan pada karung yang telah disediakan. Selanjutnya, agregat tersebut dimasukkan ke laboratorium Jalan dan Aspal, di mana akan diolah untuk keperluan pengujian.



Gambar 1. Tempat Pengambilan Material

B. Karakteristik Material

Tabel 1. Karakteristik Material

No.	Pengujian	Metode	Spesifikasi Umum 2018		Satuan	Hasil Penelitian	Keterangan
			Min	Max			
1.	Keausan Agregat	SNI 2417:2008	-	40	%	15,96	Memenuhi
	Fraksi A					19,22	
	Fraksi B					21	
	Fraksi C					24,1	
2.	Fraksi D						
	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	SNI 1969:2008	2,5	-		2,54	Memenuhi Spesifikasi
	Bulk SSD					2,606	
	Apparent					2,715	
	Penyerapan					1,50	
	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	SNI 1970:2008	2,5	-		2,737	Memenuhi Spesifikasi
	Bulk SSD					2,773	
Apparent	2,837						
Penyerapan	1,318						
3.	Analisa Saringan AC-WC 3/4"	SNI ASTM C136:2012	-	-	%	100	Memenuhi Spesifikasi
			100				

	1/2"		90	100		94.79	
	3/8"		77	90		83,23	
	No.4		53	69		65.20	
	No.8		33	53		48.36	
	No.16		21	40		36.27	
	No.30		14	30		26.41	
	No.50		9	22		17.67	
	No.100		6	15		9.21	
	No.200		4	9		3.89	
	PAN		0	0		0,00	
4.	Uji Agregat Lolos Ayakan No.200	<i>SNI ASTM C117:2012</i>	-	10	%	2,6	Memenuhi Spesifikasi
5.	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	<i>SNI 03-4428-1997</i>			%		Memenuhi Spesifikasi
	Kadar Lumpur		-	5		3,21	
6.	Partikel Pipih						
	3/4"					84,52	
	1/2"		-	10	%	98,59	
	3/8"					86,67	
	1/4						Memenuhi
	Partikel Lonjong						
	3/4"					76,09	
	1/2"		-	10	%	89,28	
	3/8"					86,67	
	1/4"						
7.	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	<i>SNI 2439-2011</i>	95	-	%	>98	Memenuhi Spesifikasi
8.	Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i> semen	<i>SNI 03-1969-1990</i>	3,08	-	%	3,08	Memenuhi Spesifikasi

C. Komposisi Campuran AC-WC

Bahan dan material yang dipergunakan dalam campuran aspal beton yaitu:

1. Agregat yang dipakai dihasilkan dari Sungai Pappa, Takalar.
2. Bahan pengikat yaitu Aspal (aspal penetrasi 60/70).
3. Bahan substitusi *filler* abu serabut kelapa.
4. Semen digunakan sebagai material pengisi *filler*
5. Pada studi ini, kadar aspal yang dipakai sebesar 5,50%.

Komposisi material agregat ditentukan dengan memakai data sekunder dari penelitian yang dilakukan oleh Nari Ro'son 2022. Untuk Menentukan jumlah aspal yang tepat agar campuran pada variasi aspal bisa memenuhi ketentuan yang telah ditetapkan.

D. Pengujian Berat Jenis Abu Serabut Kelapa

Proses uji sifat berat jenis *filler* didasarkan dalam aturan SNI ASTM C136: 2012. Tujuannya ialah mencari berat jenis *filler* yang dipakai sebagai bahan pengisi pada pencampuran aspal.

E. Proses Pembuatan Sampel Dalam Campuran AC-WC

Pada proses uji *Marshall*, jenis campuran bahan uji yang dipakai yaitu pencampuran aspal panas (*Hot Mix*) AC-WC sebanyak 15 sampel dengan variasi perbandingan *filler* semen dengan abu serabut kelapa yang terdiri dari: 0%: 100%, 25%: 75%, 50%: 50%, 75%: 25%, dan 100%: 0%. Campuran tersebut menggunakan kadar aspal sebesar 5,5%, dengan tiga sampel total untuk setiap komposisi takaran *filler*.



Gambar 2. Benda Uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik *Filler* Abu Serabut Kelapa

Menurut penelitian, terlihat bahwa nilai berat jenis abu serabut kelapa adalah 1,46. Spesifikasi dalam Bina Marga 2018 tidak secara khusus menetapkan interval nilai berat jenis *filler*. *Filler* yang dipakai pada studi ini adalah abu serabut kelapa.

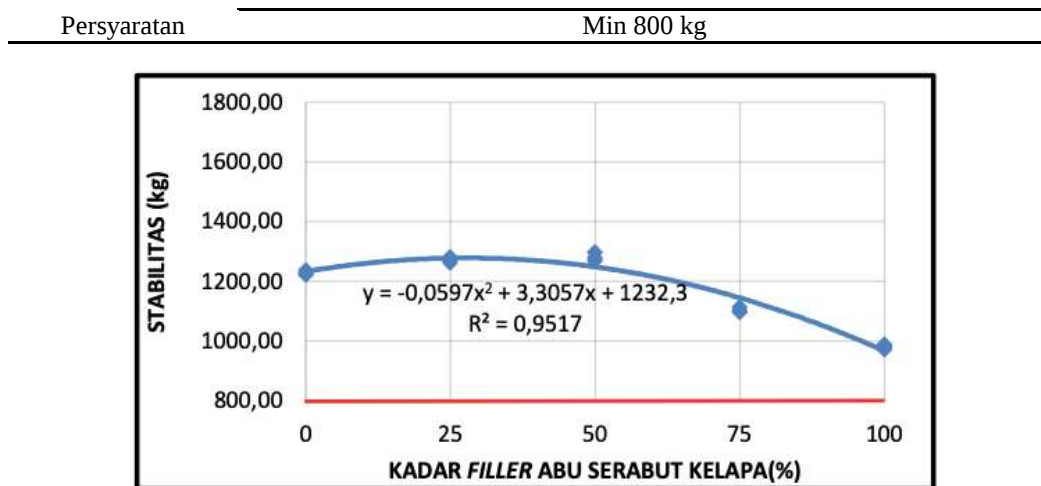
B. Karakteristik Campuran

1. Analisa Terhadap Stabilitas

Angka Stabilitas pada kadar abu serabut kelapa 0% sebanyak 1228,28 kg, kadar abu serabut kelapa 25% meningkat sebanyak 1273,28 kg, pada saat kadar abu serabut kelapa 50% juga meningkat sebanyak 1281,60 kg, ketika abu sabut kelapa 50 melalui proses peningkatan sebanyak 1281,60 kg. kadar abu 75% sabut kelapa persentase stabilitas untuk kadar abu sabut kelapa 0%-100% mencapai persyaratan umum Bina Marga 2018. Angka kestabilan paling tinggi terdapat dikadar 50%.

Tabel 2. Nilai Stabilitas

Kadar Aspal (%)	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
kadar abu serabut kelapa (%)	0	25	50	75	100
Stabilitas	1237,24	1282,17	1297,07	1102,35	987,90
	1227,61	1273,04	1268,51	1113,11	980,19
	1222,19	1263,92	1279,22	1098,22	972,47
Rata-Rata	1229,02	1273,04	1281,60	1104,56	980,19



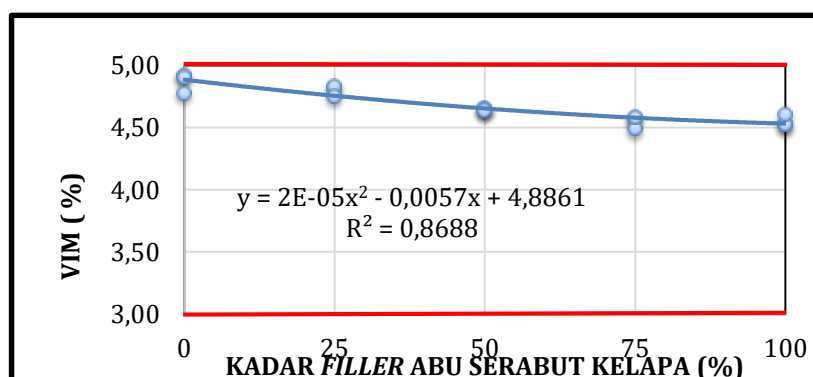
Gambar 3. Hubungan Kadar Abu Serabut Kelapa Terhadap Stabilitas

2. Analisis Terhadap VIM (Void In Mixture)

Persentase VIM diperoleh ketika kadar aspal sebanyak 5,50% dan mengganti bahan pengisi semen dengan abu sabut kelapa dengan berbagai proporsi (0%, 25%, 50%, 75% hingga 100%). Pada kadar abu serabut kelapa 0% nilai VIM sebanyak 4,87%. Pada abu serabut kelapa 25 % menurun sebanyak 4,80%. Kadar abu serabut kelapa 50% juga menurun sebanyak 4,65%, sedangkan kadar abu serabut kelapa 75% dan 100% menurun sebanyak 4,55%. Seluruh persentase VIM pada kadar abu serabut kelapa 0%-100% sesuai persyaratan Bina Marga. Terlihat semakin banyak kadar abu serabut menyebabkan persentase VIM semakin rendah, dan semakin rendah kadar abu serabut kelapa maka nilai VIM semakin tinggi.

Tabel 3. Nilai VIM dari Uji Sifat Pencampuran AC-WC

Kadar Aspal (%)	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
kadar abu serabut kelapa (%)	0	25	50	75	100
VIM	4,92	4,82	4,65	4,58	4,52
	4,90	4,83	4,65	4,49	4,52
	4,78	4,75	4,64	4,58	4,60
Rata-Rata	4,87	4,80	4,65	4,55	4,55
Syarat	3 – 5 %				



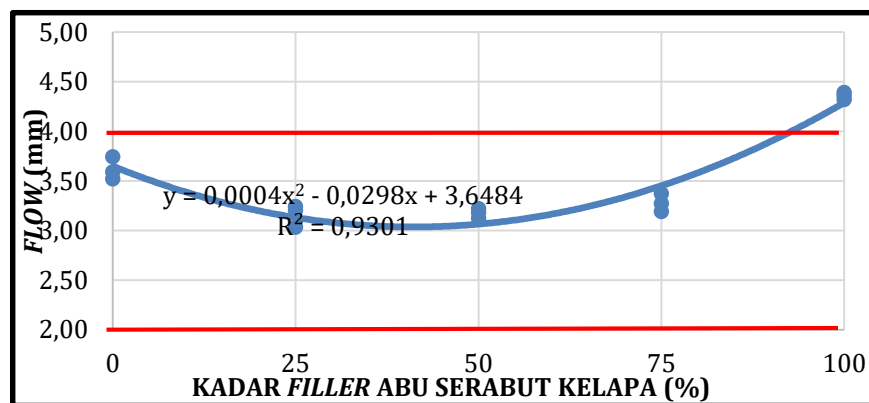
Gambar 4. Hubungan abu sabut kelapa dengan VIM

3. Analisis Terhadap Flow

Penggunaan kadar aspal 5,50% dan mengganti bahan pengisi semen dengan proporsi abu sabut yang berbeda (0%, 25%, 50%, 75%, 100%), nilai *flow* kadar abu sabut adalah 0%. Ini adalah 3.62mm. Pada kadar abu serabut kelapa 25% terjadi peningkatan menjadi 3,16 mm, sedangkan pada kadar abu sabut kelapa 50% terjadi peningkatan sebesar 3,17 mm. Pada kadar abu sabut kelapa 75% terjadi peningkatan sebesar 3,28 mm, dan pada kadar abu serabut kelapa 100% terjadi peningkatan yang signifikan sebanyak 4,36 mm. Angka *flow* pada kadar abu sabut kelapa 0%-75% mencapai persyaratan Umum Bina Marga 2018, namun pada kadar abu sabut kelapa 100% belum memenuhi spesifikasi. Penambahan penggunaan abu serabut kelapa mengakibatkan jumlah rongga pada campuran yang diisi aspal semakin berkurang.

Tabel 4. Nilai *Flow*

Kadar Aspal (%)	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
kadar abu serabut kelapa(%)	0	25	50	75	100
<i>Flow</i>	3,52	3,03	3,12	3,37	4,32
	3,59	3,20	3,22	3,27	4,36
	3,74	3,24	3,18	3,19	4,39
Rata-Rata	3,62	3,16	3,17	3,28	4,36
Persyaratan	Min 2 - 4 mm				



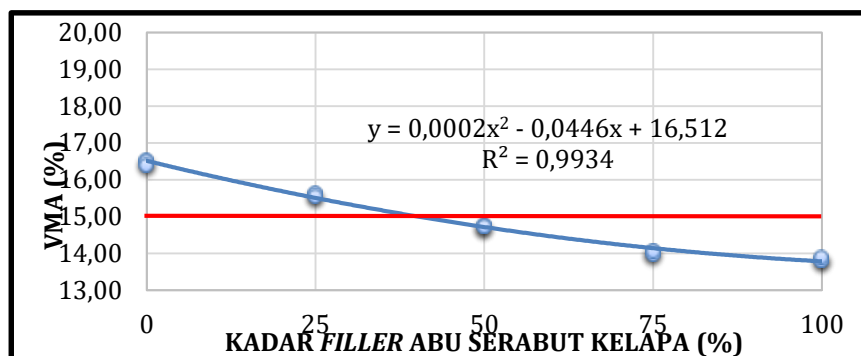
Gambar 5. Hubungan Antara Kadar Abu Serabut Kelapa Terhadap *Flow*

4. Analisis Terhadap VMA (Void In Mineral Aggregate)

Tabel 5. Nilai VMA

Kadar Aspal (%)	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
kadar abu serabut kelapa (%)	0	25	50	75	100
VMA	16,51	15,60	14,74	14,05	13,81
	16,50	15,62	14,74	13,98	13,81
	16,39	15,54	14,73	14,06	13,89
Rata-Rata	16,47	15,59	14,74	14,03	13,84
Persyaratan	Min 15 %				

Penggunaan kadar aspal 5,50% dan pengganti *filler* semen pada kadar abu serabut kelapa (pada variasi yang telah ditentukan), nilai VMA yang dihasilkan dalam kadar abu serabut kelapa 0% adalah 16,47%. Pada kadar abu serabut kelapa 25% terjadi penurunan menjadi 15,59%, sedangkan pada kadar abu serabut kelapa 50% menurun sebanyak 14,74%. Pada abu serabut kelapa 75% juga menurun sebanyak 14,03%, serta pada kadar abu serabut kelapa 100% terjadi penurunan yang sebesar 13,84%. Persentase VMA pada abu serabut kelapa 0% dan 25% mencapai persyaratan Umum Bina Marga 2018, namun pada kadar abu sabut kelapa 50% dan 100% tidak mencapai persyaratan. Perubahan tersebut ditunjukkan dengan meningkatnya kadar abu serabut kelapa yang mengakibatkan rongga semakin kecil karena telah terisi abu serabut kelapa.



Gambar 6. Hubungan Antara Kadar Abu Serabut Kelapa Untuk VMA

5. Analisis Terhadap VFB (*Void Filled With Bitumen*)

Penggunaan kadar aspal 5,50% dan mengganti bahan pengisi semen dengan kadar abu sabut (pada variasi yang telah ditentukan), persentase VFB ketika kadar abu sabut 0% adalah 70,45%. kadar abu serabut kelapa 25% terjadi penurunan menjadi 69,21%, sedangkan pada kadar abu serabut kelapa 50% menurun sebanyak 68,48%. Ketika serabut kelapa 75% juga menurun sebanyak 67,58%, dan untuk kadar abu serabut kelapa 100%oun menurun sebanyak 67,12%. Persentase VFB pada kadar abu serabut kelapa 0%, 25%, 50%, 75%, serta 100% mencapai persyaratan Umum Bina Marga tahun 2018. Pemakaian abu serabut kelapa dalam jumlah banyak mengakibatkan turunnya angka VFB, diakibatkan peningkatan kadar abu menimbulkan rongga campurannya semakin rendah

Tabel 6. Nilai VFB

Kadar Aspal (%)	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
kadar abu serabut kelapa (%)	0	25	50	75	100
VFB	70,20	69,12	68,44	67,44	67,26
	70,30	69,06	68,48	67,87	67,26
	70,85	69,44	68,51	67,42	66,84
Rata-Rata	70,45	69,21	68,48	67,58	67,12
Persyaratan	Min 65%				

C. Pengaruh Kadar Abu Serabut Kelapa Dalam Pencampuran AC-WC

Peningkatan kadar abu Serabut Kelapa dari 0% hingga 25% mengalami kenaikan, namun setelah mencapai kadar 50%, 75%, dan 100%, terjadi penurunan. Dari hasil penelitian ini kestabilan dari 0% hingga 100%

mencapai persyaratan Umum. Pada angka *flow* mengalami peningkatan dari 0% hingga 100%, dimana pada kadar abu Serabut Kelapa 0% hingga 50% mencapai persyaratan, tetapi ketika kadar 75% serta 100% tidak mencapai persyaratan. Kadar abu Serabut Kelapa pada nilai VIM dan VFB dari 0% hingga 100% mencapai ketentuan, sedang persentase VMA pada abu Serabut Kelapa 0% dan 25% mencapai ketentuan. sedangkan nilai VMA pada kadar 50%, 75%, dan 100% tidak mencapai persyaratan. Hal tersebut karena banyaknya kadar abu Serabut Kelapa yang dipakai, sehingga mengakibatkan rongga dari agregat akan semakin mengecil karena telah terisi abu serabut kelapa.

Tabel 7. Nilai perbandingan *Filler* Abu Serabut Kelapa berdasarkan pengujian

Jenis <i>Filler</i>	kadar (%)	stabilitas	<i>flow</i>	VIM	VMA	VFB
Abu Serabut Kelapa	0	1229,02	3,62	4,87	16,47	70,20
	25	1273,04	3,16	4,80	15,59	69,21
	50	1281,60	3,17	4,65	14,74	68,48
	75	1104,56	3,28	4,55	14,03	67,58
	100	980,19	4,36	4,55	13,84	67,12
PERSYARATAN		800 Kg	2-4 mm	3-5 %	15%	65%

D. Perbandingan *Filler* Abu Serabut Kelapa Terhadap Campuran AC-WC

Berdasarkan penelitian, menunjukkan pengaruh kadar *filler* abu serabut kelapa terhadap campuran AC-WC dengan membandingkan sifat campuran penelitian sebelumnya dengan penelitian menggunakan substitusi *filler* abu serabut kelapa.

Tabel 8. Karakteristik Marshall

Kadar Aspal (%)	<i>Filler</i> abu serabut kelapa (%) : Semen	Stabilitas	VIM	<i>Flow</i>	VMA	VFB
Ketentuan		Min 800 (kg)	3-5 (%)	2-4 (mm)	Min 15 (%)	Min 65 (%)
5,50	0:100	1229,02	4,87	3,62	16,47	70,45
5,50	25:75	1273,04	4,80	3,16	15,59	69,21
5,50	50:50	1281,60	4,65	3,17	14,74	68,48
5,50	75:25	1104,56	4,55	3,28	14,03	67,58
5,50	100:0	980,19	4,55	4,36	13,84	67,12

KESIMPULAN

Kadar abu Serabut Kelapa pada 0% dan 25% memiliki nilai stabilitas, *Flow*, VIM, VMA, dan VFB yang sesuai dengan Persyaratan Umum Bina Marga 2018. Pada kadar abu serabut kelapa 50%, persentase stabilitas, *Flow*, VIM, dan VFB yang mencapai persyaratan, sementara persentase VMA tidak mencapai persyaratan. Pada kadar abu serabut kelapa 75%, nilai stabilitas, *Flow*, VIM, dan VFB mencapai persyaratan, tetapi nilai VMA tidak mencapai persyaratan. Ketika kadar abu serabut kelapa 100%, persentase stabilitas, VIM, dan VFB mencapai persyaratan, sementara persentase *flow* dan VMA tidak mencapai persyaratan. Nilai Perbandingan *filler* semen dengan abu serabut kelapa sebagai bahan substitusi menunjukkan bahwa peningkatan kadar abu serabut kelapa di atas 25% memiliki pengaruh pada stabilitas, *Flow*, VIM, VMA, serta VFB. Namun penggunaan kadar abu serabut kelapa sebesar 50%, 75%, dan 100% yang lebih dari jumlah semen

menyebabkan peningkatan jumlah rongga dalam agregat yang diisi dengan abu serabut kelapa. Akibatnya pengikatan aspal pada agregat menjadi sulit, dan menyebabkan penurunan kualitas campuran.

REFERENSI

- [1] M. C. Londa, R. Rumbayan, dan S. Nicolaas, "Uji Karakteristik Campuran Roller Compacted Concrete Menggunakan Fly Ash Dan Coconut Fiber," *J. Tek. Sipil Terap.*, vol. 4, no. 1, hlm. 36, Jul 2022, <http://dx.doi.org/10.47600/jtst.v4i1.404>
- [2] A. Utami, M. Sastra, dan Z. Zulkarnain, "Abu Kulit Pinang Sebagai Pengganti *Filler* Pada Campuran Ac-Bc," *J. TeKLA*, vol. 2, no. 1, hlm. 1, Jul 2020, doi: 10.35314/tekla.v2i1.1431.
- [3] Kurniasari, F., Bunyamin, B., & Amin, A. (2022). Pemanfaatan Abu Cangkang Sawit (ACS) Untuk Substitusi *Filler* Pada Asphalt Concrete Wearing Course. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 8(2), 204-214. <https://doi.org/10.30601/jtsu.v8i2.2808>
- [4] C. Y. Cahya, S. M. Saleh, dan R. Anggraini, "Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Substitusi *Filler* Pada Campuran Laston Lapis Aus," *J. Arsip Rekayasa Sipil Dan Perenc.*, vol. 1, no. 4, hlm. 61–68, Des 2018, <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i4.12456>
- [5] I. S. K. Sosang, Alpius, dan R. Rachman, "Pemanfaatan Agregat Sungai Mawa Kecamatan Cendana Dalam Campuran AC-WC," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 2, no. 1, hlm. 53–57, Agu 2020, doi: 10.52722/pcej.v2i1.121.
- [6] J. W. Palayukan, Alpius, dan C. Kamba, "Pengaruh Abu Limbah Rak Telur Sebagai Substitusi *Filler* Dalam Campuran Laston AC-WC," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 4, no. 2, hlm. 183–191, Jun 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i2.446.
- [7] Nikodemus Tandung, R. Rachman, dan Alpius, "Kadar Aspal Optimum Laston Lapis Aus Menggunakan Abu Jerami Sebagai Pengganti *Filler*," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 3, no. 4, hlm. 595–601, Des 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i4.339.
- [8] F. D. Kurniasari, S. M. Saleh, dan S. 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, Des 2018, <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i4.12457>
- [9] Arjuna Sanda Sau'langi, Alpius, dan Herman Welem Tanje, "Pemanfaatan Abu Limbah Bonggol Jagung Sebagai Bahan Substitusi *Filler* Untuk Campuran AC-WC," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 3, no. 4, hlm. 587–594, Des 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i4.338.
- [10] F. Tandiyu, R. Mangontan, dan Alpius, "Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Batu Sungai Sangtanete Dan Bahan Tambah Kantong Plastik," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 4, no. 1, hlm. 126–132, Mar 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i1.385.