



PEMANFAATAN ABU SERBUK KAYU DAN SEMEN PORTLAND SEBAGAI FILLER PADA CAPURAN ASPHALT CONCRETE -WEARING COURSE

Doni Rinaldi Basri^{1*}, Fitra Ramdhani², Faridhotul Apriliya Wardani³

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Abdurrahman

Jl. Riau Ujung No. 73 Pekanbaru Riau

e-mail: doni.rinaldi@univrab.ac.id

Info Artikel

Abstrak

Sejarah Artikel:

Diterima: Desember 2022

Disetujui : Desember 2022

Dipublikasikan : Des 2022

Keywords:

AC-WC, Bahan Pengisi,
Semen Portland, Abu
Serbuk Kayu, Pengujian
Marshall.

Limbah hasil pengolahan kayu banyak dijumpai kota Pekanbaru, maka perlu dimanfaatkan. Penelitian memanfaatkan limbah serbuk kayu dan semen Portland sebagai bahan alternatif pengganti filler dalam pembuatan campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC). Tujuan dari penelitian untuk mengetahui karakteristik pengujian marshall pada lapisan AC-WC dengan menggunakan kombinasi filler abu serbuk kayu dan semen portland. Metode yang digunakan dengan eksperimen di laboratorium dengan langka awal mencari nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) dengan bahan filler menggunakan abu batu. Dilanjut dengan mengganti filler dengan kombinasi abu serbuk kayu dan semen Portland. Variasi campuran semen Portland dan abu serbuk kayu yaitu 0%-0%, 15%-85%, 25%-75%, 30%-70%, 40%-60%, 50%-50%, dan 100%-0%. Spesifikasi yang digunakan di riset ini merupakan Spesifikasi Universal Bina Marga 2018 Revisi 2. KOA didapatkan adalah 5,5%. Kemudian dilakukan pengujian marshall masing-masing variasi untuk mendapatkan nilai stabilitas dan nilai kepadatan campuran. Hasil pengujian marshall variasi filler terbaik penelitian ini pada variasi 60% abu serbuk kayu dan 40% semen portland. Ditunjukkan bersumber pada nilai stabilitas pada komposisi tersebut mendapatkan nilai stabilitas sangat besar ialah sebesar 1.278,64 kg, nilai MQ sebesar 491,78 kg/mm serta nilai kelelahan sebesar 2,60 mm sehingga disimpulkan mutu AC-WC terbaik pada penelitian ini terdapat pada variasi filler 40% semen portland dan 60% abu serbuk kayu.

Kata Kunci: AC-WC, Bahan Pengisi, Semen Portland, Abu Serbuk Kayu, Pengujian Marshall.

Abstract

Waste from wood processing is often found in Pekanbaru City, so it needs to be utilized. This research utilizes sawdust and portland cement as alternative materials to replace filler in the manufacture of Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) mixture. The purpose of this study was to determine the characteristics of the Marshall test on the AC-WC layer using a combination of sawdust and Portland cement filler. The method used is laboratory experiments with the initial step of finding the KAO value (Optimum Asphalt Content) with fillers using rock ash. Followed by replacing the filler with a combination of sawdust and portland cement. Variations in the mixture of Portland cement and sawdust, namely 0%-

0%, 15%-85%, 25%-75%, 30%-70%, 40%-60%, 50%-50%, and 100% -0%. The specifications used in this study are the 2018 Revision 2 Public Road Specifications. The KOA obtained is 5.5%. Then the Marshall test was carried out on each variation to get the stability value and the mixed density value. Marshall test results with the best filler variations in this study were 60% sawdust and 40% portland cement. It can be seen that based on the stability value of the composition, the highest stability value was 1,278.64 kg, the MQ value was 491.78 kg/mm and the melting value was 2.60 mm so it was concluded that the best AC-WC quality in this study found filler variations. 40% portland cement and 60% sawdust.

©2022

Universitas Abdurrah

✉ Alamat korespondensi:

ISSN 2527-7073

Jalan. Riau Ujung No. 73 Pekanbaru Riau

E-mail: doni.rinaldi@univrab.ac.id

PENDAHULUAN

Limbah hasil pengolahan kayu banyak dijumpai kota Pekanbaru, maka perlu dimanfaatkan. Sementara Abu Batu bahan pembuat filler ini terbatas maka diperlukan alternatif bahan pengganti dari abu batu yaitu abu serbuk kayu yang berasal dari limbah pengolahan kayu.

Pada penelitian ini selain menggunakan abu serbuk kayu juga digunakan semen portland sebagai filler. Penulis akan mencoba kombinasi filler serbuk kayu dan semen portland dengan variasi yang berbeda dari penelitian sebelumnya, sehingga di harapkan mendapatkan hasil pengujian yang lebih baik. Material limbah serbuk kayu yang akan digunakan merupakan hasil limbah industri pemotongan kayu dari depot kayu yang terletak di Desa Teratak Buluh, Kecamatan Siak Hulu, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Semen Portland menggunakan Semen Padang PCC berasal dari Padang, Provinsi Sumatera Barat.

Pembuangan limbah industri dapat dipilih sebagai bahan pengisi dalam produksi aspal beton karena bahan tersebut tersedia dan terjangkau di sekitar kita , material sisa serbuk kayu bisa dijadikan selaku salah satu alternatif yang bisa digunakan pada sesuatu kombinasi konstruksi jalan untuk mengetahui kelayakan material terhadap pengaruh dan peningkatan karakteristik marshall dalam pencampuran konstruksi [1]. Serbuk gergaji kayu merupakan bahan limbah organik yang diperoleh dari penggilingan mekanis kayu menjadi berbagai bentuk dan ukuran [2]. Pemanfaatan serbuk kayu sebagai pengisi mineral dapat meningkatkan umur kelelahan dan deformasi permanen aspal beton pada temperatur yang berbeda [3]. Pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa abu serbuk kayu merupakan bahan pengisi mineral yang sesuai dengan AASHTO M17, dan sifat fisis beton aspal memenuhi kriteria desain Institut

Asphalt [4]. Abu serbuk kayu menunjukkan daya tahan yang lebih baik daripada debu batubara. Benda uji dengan kandungan filler Abu serbuk kayu 6% dan 8% memenuhi semua kriteria Marshall termasuk nilai stabilitas (masing-masing 11,2 kN dan 12,6 kN), dan persentase kandungan filler abu serbuk kayu tersebut dapat digunakan secara efektif dalam campuran aspal beton [5]. Modifikasi aspal beton yang dicampur dengan persentase abu serbuk gergaji yang berbeda berpengaruh nyata dan positif terhadap sifat-sifat aspal beton [6].

Abu serbuk gergaji kayu hasil limbah industri adalah bahan stabilisasi murah yang memuaskan untuk bahan pengisi laterit dan menjadi alternatif untuk mengurangi biaya konstruksi terutama di daerah pedesaan di tanah air [7]. Ditemukan bahwa penggantian debu penghancur menjadi abu serbuk gergaji kayu dapat dilakukan dengan penambahan 80% debu penghancur dan penambahan 20% abu serbuk gergaji pada kadar aspal 4,5%, nilai stabilitas marshall menjadi meningkat [8]. Abu serbuk gergaji dapat digunakan sebagai pengganti sebagian pengisi pada suhu rendah dan untuk jalan lokal dengan lalu lintas sedang [9]. Dalam sebuah penelitian digunakan abu serbuk kayu sebagai pengganti filler dengan variasi 25%, 50%, 75% dan 100% .Abu serbuk kayu dapat digunakan sebagai bahan pengganti filler konvensional untuk produksi aspal hot mix (HMA) dengan menggunakan gradasi AC 10 dan pengikat aspal PEN 60/70. Abu serbuk kayu tidak hanya dapat memperbaiki sifat campuran aspal tetapi juga mengurangi pencemaran lingkungan. [10]

Bahan pengisi memainkan peran penting dalam sifat rekayasa bahan bitumen. Secara konvensional, debu batu, semen, dan kapur digunakan sebagai bahan pengisi [11]. Semen portland adalah bahan pengikat yang dapat digunakan untuk campuran aspal hotmix. Semen portland dapat digunakan sebagai pengisi atau aditif untuk meningkatkan banyak sifat pengikat aspal dan campuran aspal hot-mix. Banyak aditif seperti polimer, kapur, stirena, serat, dan karet digunakan sebelumnya oleh banyak peneliti untuk meningkatkan sifat pengikat aspal dan campuran aspal panas [12,13,14]. Semen portland yang digunakan sebagai pengisi mineral terhadap kekuatan campuran aspal yang diukur dengan stabilitas Marshall dan kekuatan retensi menghasilkan nilai retained strength yang tinggi [15]. Penggunaan bahan pengisi semen portland campuran terner sangat meningkatkan kekuatan dan kinerja jalan [16]. Penambahan semen Portland pada bahan pengikat aspal dapat meningkatkan viskositas putar (RV) bahan pengikat aspal pada suhu 135 C [17].

Dalam sebuah penelitian, semen portland pada campuran aspal dengan percobaan menggunakan kadar semen bervariasi (0%,2%,4% dan 6%) menunjukkan bahwa persentase semen yang lebih tinggi sebagai bahan pengisi cenderung lebih tahan terhadap rutting [18]. Pada hasil uji marshall, modulus ulet dan kekuatan tarik tidak langsung menunjukkan bahwa

penambahan semen portland dan kapur meningkatkan stabilitas marshall, berat jenis curah, modulus ulet dan kekuatan tarik dan mengurangi kandungan rongga dan aliran campuran daur ulang [19]. Semen dapat digunakan sebagai aditif dengan campuran aspal emulsi. Menggunakan semen dengan aspal emulsi meningkatkan banyak sifatseperti kekuatan dan daya tahan campuran beton aspal [20,21]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh campuran abu serbuk kayu dan semen portland sebagai filler terhadap karakteristik marshall AC-WC yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

TINJAUAN PUSTAKA

a. Filler

Filler didefinisikan sebagai fraksi debu mineral lolos saringan no. 200 (0,075 mm) dan harus dalam keadaan kering (kadar air maksimum 1%).

b. Serbuk Kayu

Abu serbuk kayu merupakan hasil pembakaran dari limbah serbuk kayu. Hasil pembakaran abu serbuk kayu menunjukkan bahwa kandungan SiO₂ mencapai 85% (Otoko, 2014). Proses pembakaran ini membutuhkan waktu 2-3 jam dengan hasil serbuk kayu yang tidak terbakar kurang dari 1% dan kadar abu 3%.

c. Semen Portland

Menurut Krebs, R.D. and Walker, R.D., (1971) definisi dari semen yang dalam hal kegunaan dari spesifikasi ini semen portland, adalah produk yang didapatkan dengan membubukkan kerak besi yang terdiri dari material pokok, yaitu kalsium silikat hidrolik. Sedangkan menurut Harold N. Atkins, PE., (1997)

Dalam penelitian ini semen portland yang digunakan adalah Semen Padang PCC.

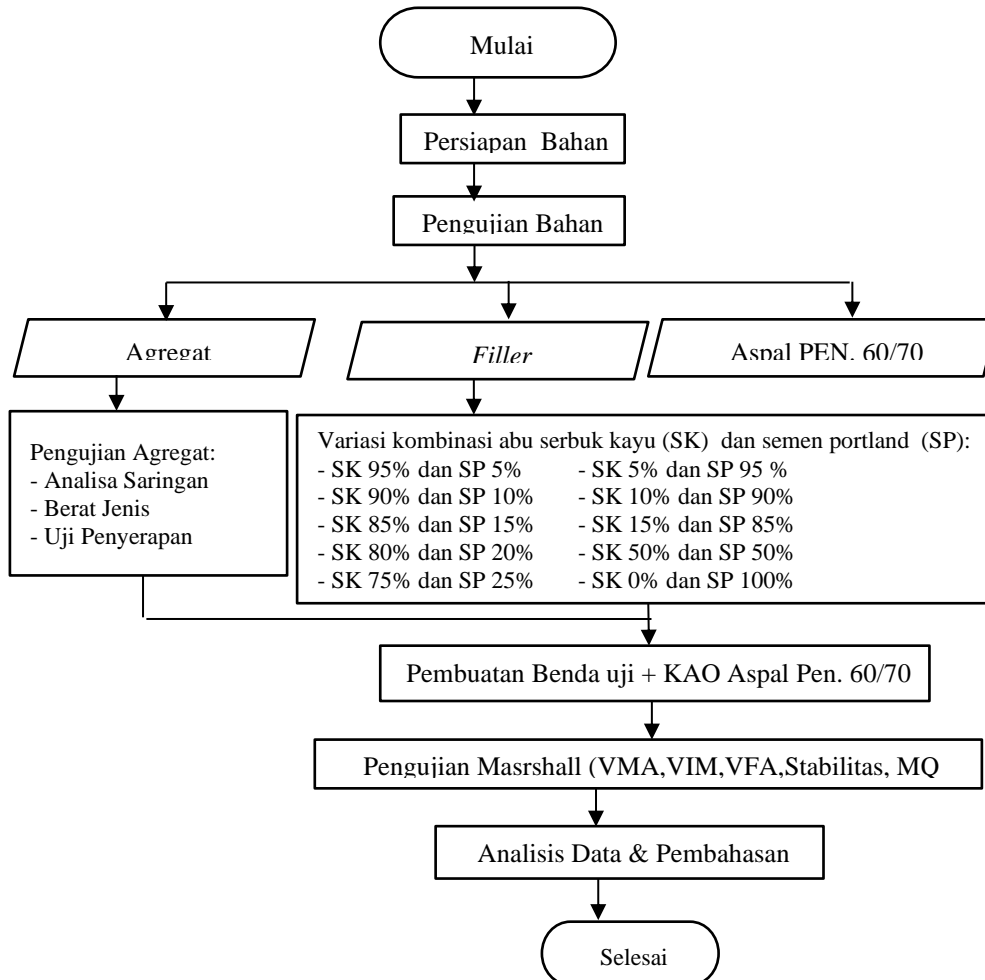
d. Metode Marshall

Tata cara marshall ini bertujuan buat mengenali ciri dari sesuatu perkersan lentur. Tata cara marshall ini terdiri dari uji marshall serta parameter marshall yang dipaparkan selaku berikut:

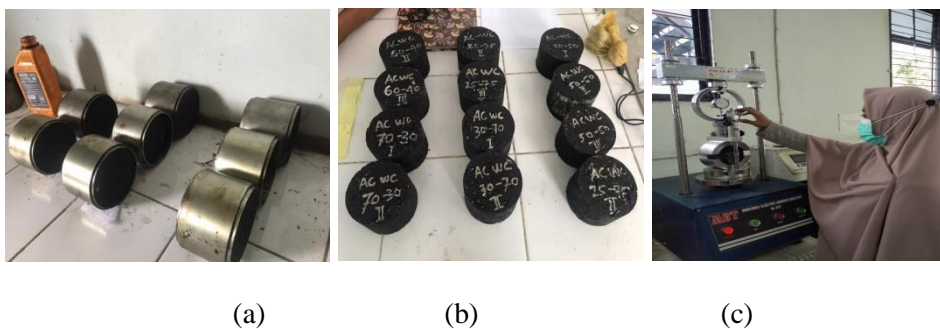
1. Uji Marshall
2. Parameter Pengujian Marshall

METODE

Metode penelitian berisi detail pelaksanaan penelitian mulai dari persiapan data atau sampel sampai analisa dan pengujian yang dilakukan. Ini dapat dilihat pada gambar 2 diagram alir penelitian dan gambar 3 pebuatan sampel dan pengujian Marshall



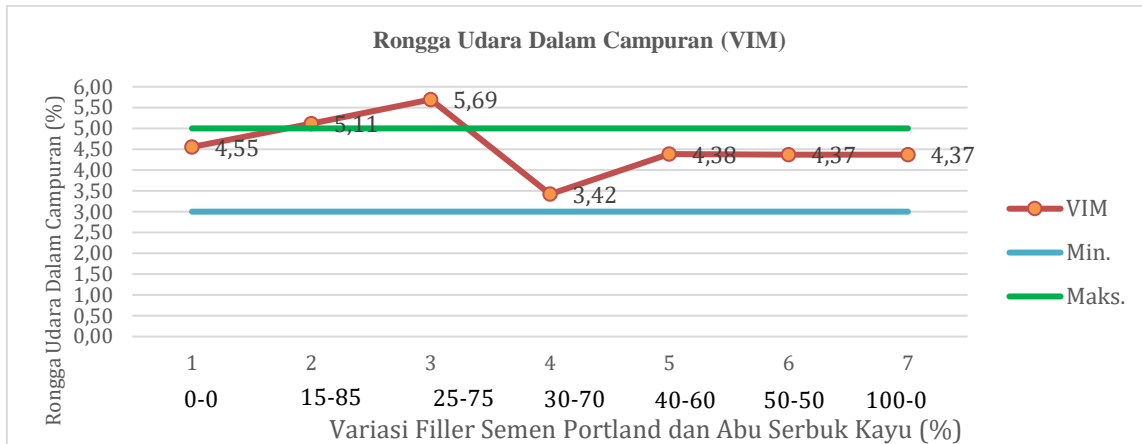
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. (a) dan (b) Benda Uji, (c) Pengujian Marshall

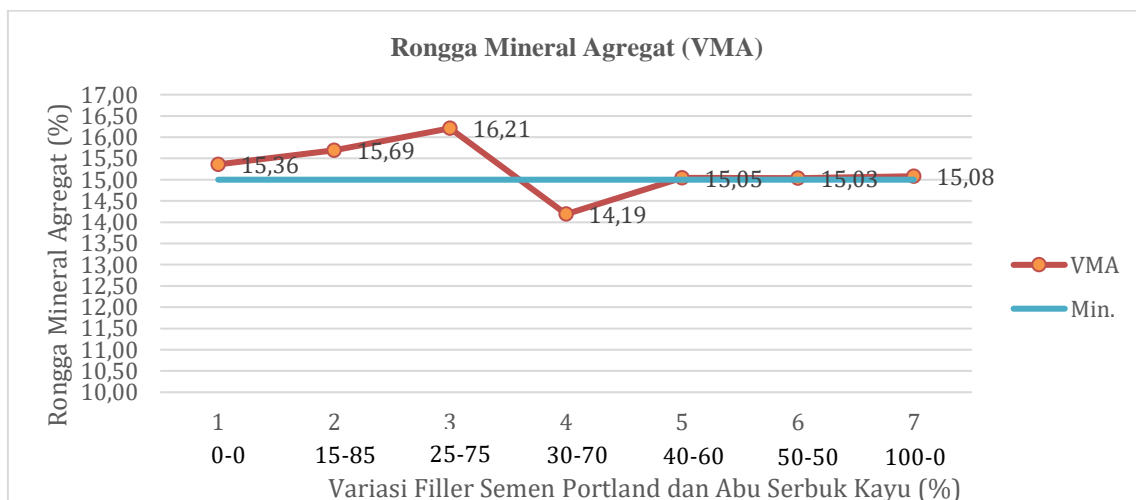
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian marshall masing-masing variasi benda uji maka diperoleh bentuk grafik berikut. Berikut adalah gambar grafik VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Kelelahan, dan MQ berdasarkan variasi kadar filler yang digunakan.



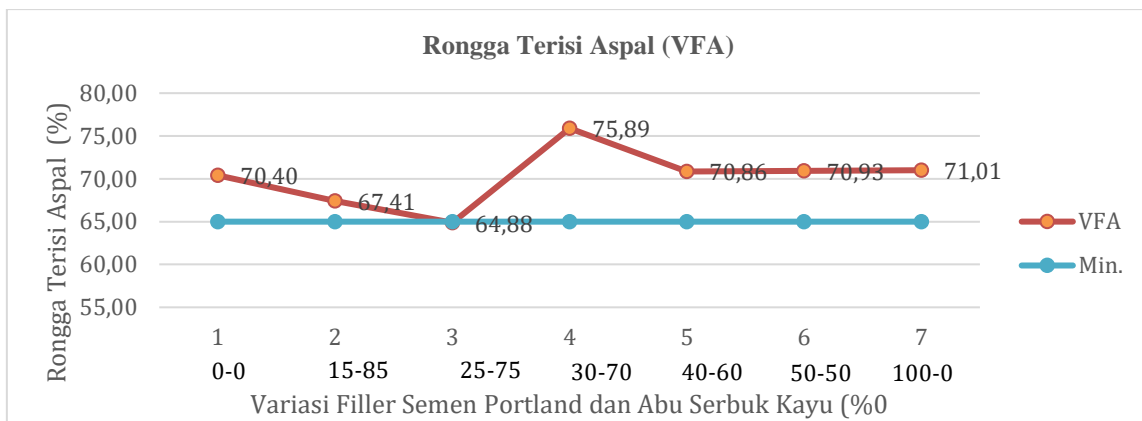
Gambar 3. Grafik Rongga Udara Dalam Campuran (VIM)

Berdasarkan grafik VIM diatas, diperoleh persentase rongga udara dalam campuran masing-masing variasi filler dengan batas minimum 3% dan batas maksimum 5%. Dapat dilihat bahwa pada variasi filler 15% semen portland dan 85 % abu serbuk kayu serta variasi filler 25% semen portland dan 75 % abu serbuk kayu tidak memenuhi nilai VIM karena melebihi batas maksimum yaitu 5,11% dan 5,69% sementara untuk variasi lainnya memenuhi nilai VIM sesuai spesifikasi yang disyaratkan.



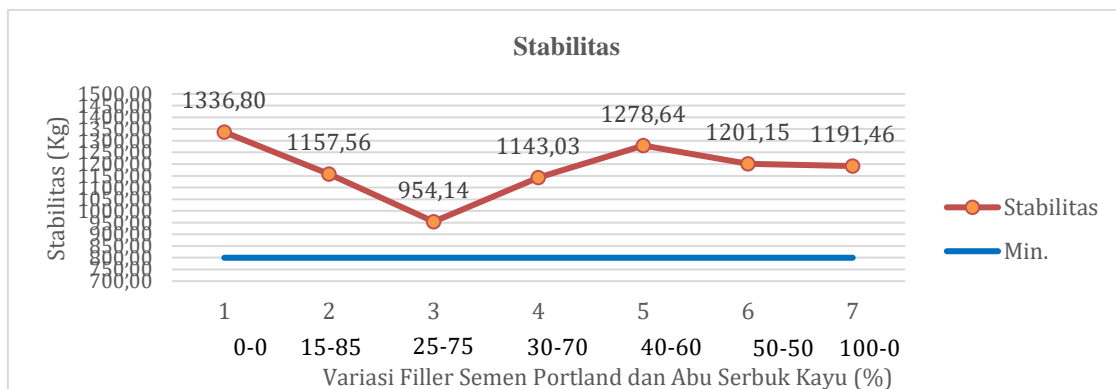
Gambar 4. Grafik Rongga Mineral Agregat (VMA)

Berdasarkan grafik VMA diatas,diperoleh persentase rongga mineral agregat masing-masing variasi filler dengan batas minimum 15%. Dapat dilihat bahwa pada variasi filler 0% semen portland dan 0% abu serbuk kayu VMA Sebesar 15,36%, pada variasi filler 15% Semen portland dan 85% abu serbuk kayu VMA sebesar 15,69%, pada variasi filler 25% semen portland dan 75 % abu serbuk kayu VMA sebesar 16,21%, pada variasi filler 40% semen portland dan 60% abu serbuk kayu VMA sebesar 15,05 %, pada variasi filler 50% semen portland dan 50% abu serbuk kayu VMA sebesar 15,03 % dan pada variasi filler 100% semen portland dan 0% abu serbuk kayu kayu VMA sebesar 15,08% telah memenuhi nilai VMA. Sementara pada variasi filler 30% semen portland dan 70 % abu serbuk kayu tidak memenuhi nilai VMA karena tidak mencapai batas minimum yang disyaratkan yaitu VMA hanya sebesar 14,19%.



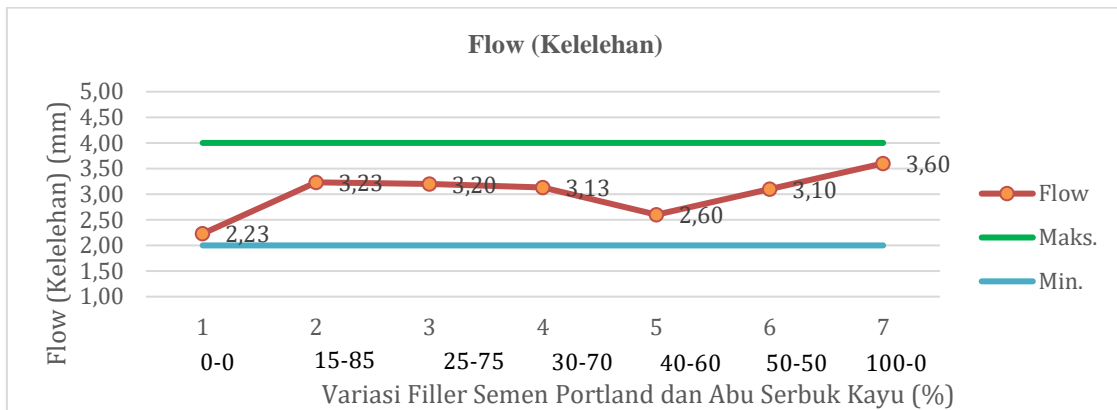
Gambar 5. Grafik Rongga Terisi Aspal (VFA)

Berdasarkan grafik VFA diatas,diperoleh persentase rongga terisi aspal masing-masing variasi filler dengan batas minimum 65%. Dapat dilihat bahwa pada variasi filler 25 semen portland dan 75 % abu serbuk kayu tidak memenuhi nilai VFA karena tidak mencapai batas minimum nilai VFA yaitu 64,88% sementara untuk variasi lainnya memenuhi nilai VFA sesuai spesifikasi yang disyaratkan.



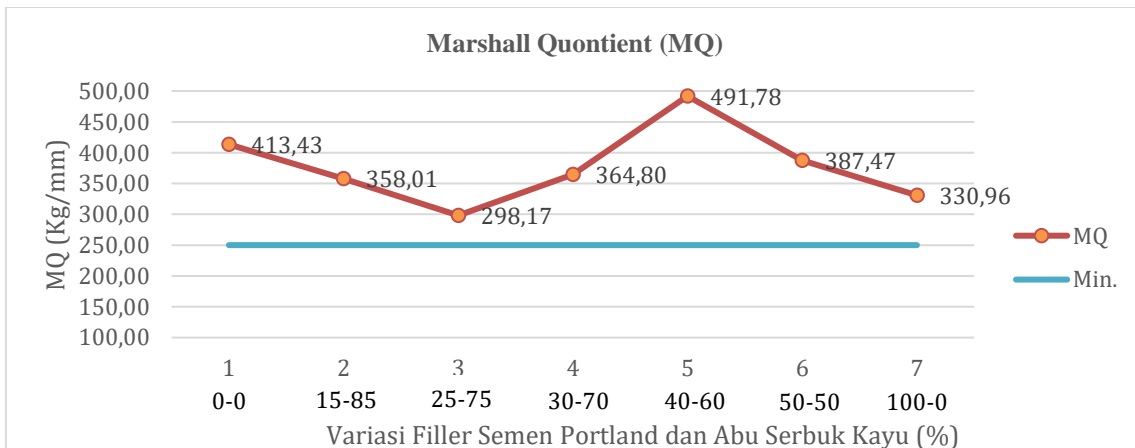
Gambar 6. Stabilitas Marshall

Berdasarkan grafik stabilitas diatas,diperoleh stabilitas aspal masing-masing variasi filler dengan batas minimum 800 Kg. Dapat dilihat bahwa pada seluruh variasi filler memenuhi nilai stabilitas sesuai spesifikasi yang disyaratkan. Nilai stabilitas tertinggi terdapat pada variasi filler 40% semen portland dan 60% abu serbuk kayu yaitu sebesar 1278,64 Kg dengan tidak memperhitungkan variasi filler 0% semen portland dan 0% abu serbuk kayu.



Gambar 7. Grafik Flow (Kelelehan)

Berdasarkan grafik flow (kelelehan) diatas,diperoleh flow aspal masing-masing variasi filler dengan batas minimum 2 mm dan batas maksimum 4 mm. Dapat dilihat bahwa pada seluruh variasi filler memenuhi nilai flow sesuai spesifikasi yang disyaratkan. Nilai flow terkecil terdapat pada variasi filler 40% semen portland dan 60% abu serbuk kayu yaitu sebesar 2,60 mm dengan tidak memperhitungkan variasi filler 0% semen portland dan 0% abu serbuk kayu.



Gambar 8. Grafik Marshall Quotient (MQ)

Berdasarkan grafik marshall quotient (MQ) diatas,diperoleh marshall quotient masing-masing variasi filler dengan batas minimum 250 Kg/mm. Dapat dilihat bahwa pada seluruh variasi filler memenuhi nilai MQ sesuai spesifikasi yang disyaratkan. Nilai MQ terbesar terdapat pada variasi filler 40% semen portland dan 60% abu serbuk kayu yaitu sebesar 491,78 Kg/mm.

Tabel 1. Hasil Optimum dari Variasi Campuran Sampel

No	SIFAT-SIFAT MARSHALL	VARIASI FILLER SEMEN PORTLAND-ABU SERBUK KAYU						
		DENGAN MEMAKAI KADAR ASPAL 5,5 %						
		0-0 (BM)	15-85	25-75	30-70	40-60	50-50	100-0
1	VIM	4,55	4,87		3,42	4,38	3,41	4,37
2	VMA	15,36	15,47	16,21		15,05		15,08
3	VFA	70,40	68,55		75,89	70,86	75,97	71,01
4	Stabilitas Marshall	1336,8	1157,5	954,1	1143,0	1278,6	1191,4	1191,4
		0	6	4	3	4	6	6
5	Flow(Kelelahan Plastis)	2,23	3,23	3,20	3,13	2,60	3,60	3,60
6	Marshall Quotient (MQ)	413,43	358,01	298,1	7	364,80	491,78	330,96
7	Penyerapan	0,74	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,74

Nilai stabilitas marshall, flow, dan marshall quotient (MQ) dari semua benda uji yang telah dibuat memenuhi syarat spesifikasi bina marga 2018 revisi 2. Untuk nilai VIM pada variasi 15% semen portland dan 85% abu serbuk kayu serta variasi 25% semen portland dan 75% abu serbuk kayu tidak memenuhi syarat spesifikasi. VMA pada variasi 30% semen portland dan 70% abu serbuk kayu serta pada variasi tidak memenuhi syarat spesifikasi, sedangkan untuk nilai VFA pada variasi 25% semen portland dan 75% abu serbuk kayu tidak memenuhi standar yang di izinkan spesifikasi bina marga 2018 revisi 2.

Tabel 2. Perbandingan Parameter Marshall

No.	SIFAT-SIFAT MARSHALL	SPESIFIKASI	VARIASI FILLER SEMEN PORTLAND-ABU SERBUK KAYU				SATUAN
			DENGAN MEMAKAI KADAR ASPAL 5,5 %				
			0% - 0%	40% - 60%	50% - 50%	100% - 0%	
1	VIM	3-5 %	4,55	4,38	4,37	4,37	%
2	VMA	Min. 15 %	15,36	15,05	15,03	15,08	%
3	VFA	Min. 65 %	70,40	70,86	70,93	71,01	%
4	Stabilitas Marshall	Min. 800 Kg	1336,80	1278,64	1201,15	1191,46	Kg
5	Flow(Kelelahan Plastis)	2-4 mm	2,23	2,60	3,10	3,60	mm

6	Marshall Quotient (MQ)	Min. 250 Kg/mm	413,43	491,78	387,47	330,96	Kg/mm
---	------------------------	----------------	--------	--------	--------	--------	-------

Berdasarkan tabel 2 di atas diperoleh data bahwa nilai stabilitas marshall terbesar terdapat pada variasi 40% semen portland dan 60% abu serbuk kayu yaitu sebesar 1278,64 Kg. Nilai flow (kelelehan) terendah terdapat pada variasi 40% semen portland dan 60% abu serbuk kayu yaitu sebesar 2,60 mm dan nilai marshall quotient ((MQ) terbesar juga terdapat pada variasi 40% semen portland dan 60% abu serbuk kayu yaitu sebesar 491,78 Kg/mm. Hal ini menunjukkan bahwa mutu AC-WC terbaik terdapat pada variasi 40% semen portland dan 60% abu serbuk kayu.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian terhadap karakteristik Marshall Laston Lapis Aus (AC-WC) dengan menggunakan filler semen portland dan filler abu serbuk kayu dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Persentase nilai kadar aspal optimum (KAO) yang didapatkan pada campuran laston lapis aus adalah 5,5%.
2. Penggunaan filler semen portland dan abu serbuk kayu berpengaruh pada besar dan tidaknya nilai seluruh karakteristik marshall.
3. Hasil pengujian marshall pada tiap campuran filler tidak sepenuhnyaenuhi segala parameter marshall pada Spesifikasi Universal Bina Marga 2018 revisi 2. Hasil pengujian marshall pada campuran filler semen portland serta abu serbuk kayu 0%-0% ialah stabilitas sebesar 1.336,80 kg, flow sebesar 3,23 mm, VMA sebesar 15,36%, VFA sebesar 70,40%, VIM sebesar 4,55% serta MQ sebesar 413,43 kg/mm. Hasil pengujian marshall pada campuran filler semen portland serta abu serbuk kayu 15%-85% ialah stabilitas sebesar 1.157,6 kg, flow sebesar 3,23 mm, VMA sebesar 15,69%, VFA sebesar 67,41%, VIM sebesar 5,11% serta MQ sebesar 358,01 kg/mm. Hasil pengujian marshall pada campuran filler semen portland serta abu serbuk kayu 25%-75% ialah stabilitas sebesar 954,14 kg, flow sebesar 3,20 mm, VMA sebesar 16,21%, VFA sebesar 64,88%, VIM sebesar 5,69% serta MQ sebesar 298,17 kg/mm. Hasil pengujian marshall pada campuran filler semen portland serta abu serbuk kayu 30%-70% ialah stabilitas sebesar 1.143,03 kg, flow sebesar 3,13 mm, VMA sebesar 14,19%, VFA sebesar 75,89%, VIM sebesar 3,42% serta MQ sebesar 364,80 kg/mm. Hasil pengujian marshall pada campuran filler semen portland serta abu serbuk kayu 40%-60% ialah stabilitas sebesar 1.278,64 kg, flow sebesar 2,60 mm, VMA sebesar 15,05%, VFA sebesar

70,86%, VIM sebesar 4,38% serta MQ sebesar 491,78 kg/mm. Hasil pengujian marshall pada campuran filler semen portland serta abu serbuk kayu 50%-50% ialah stabilitas sebesar 1.201,1 kg, flow sebesar 3,10 mm, VMA sebesar 15,03%, VFA sebesar 70,93%, VIM sebesar 4,37% serta MQ sebesar 387,47 kg/mm. Hasil pengujian marshall pada campuran filler semen portland serta abu serbuk kayu 100%-0% ialah stabilitas sebesar 1.191,5 kg, flow sebesar 3,60 mm, VMA sebesar 15,08 VFA sebesar 71,01%, VIM sebesar 4,37% serta MQ sebesar 330,96 kg/mm.

4. Campuran filler semen portland serta abu serbuk kayu terbaik pada riset merupakan 40%- 60% dari berat total filler. Perihal ini ditunjukkan bersumber pada nilai stabilitas pada komposisi tersebut mendapatkan nilai stabilitas sangat besar ialah sebesar 1.278,64 kg serta nilai MQ sebesar 491,78 kg/mm. Nilai flow yang didapatkan pula sangat rendah dari komposisi yang lain ialah sebesar 2,60 mm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ke pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Abdurrah dan semua pihak terkait yang telah membantu dan bekerja sama demi kelancaran penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Antiohos S, Maganari K, Tsimas S. Evaluation of blends of high and low calcium fly ashes for use as supplementary cementing materials. *Cem Concr Compos.* 2005;27(3):349–56.
- [2] Marthong C. Sawdust Ash as partial replacement of Cement. *Int J Eng Res Appl [Internet].* 2012; 2(4):1980–5
- [3] Fayissa, B., Gudina, O., & Yigezu, B. (2021). Application of sawdust ash as filler material in asphalt concrete production. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 19(1), 167–172.
- [4] Oba, K. M., LongJohn, T. A., & Ijeje, K. A. (n.d.). Suitability of Saw Dust Ash and Quarry Dust as Mineral fillers in Asphalt Concrete.
- [5] Akter, R., Hossain, M. K., Anwar, M. S., & Rahman, K. (2022). Performance evaluation of coal dust and wood powder ash as alternates of conventional filler in the asphalt concrete. *Sustainable Engineering and Innovation*, 4(1), 82–96.
- [6] Osuya DO, Mohammed H. Evaluation of sawdust ash as a partial replacement for mineral filler in asphaltic concrete. *Ife J Sci.* 2017;19(2):431.
- [7] Otoko, G, R, Honest, B, K, 2014, Stabilization Of Nigerian Deltaic Laterites With Saw Dust Ash. Civil Engineering Department, Rivers State University Of Science And Technology, Port Harcourt.
- [8] Pattanayak, R., & Mohanty, M. (n.d.). SAW DUST ASH: AN ECO-FRIENDLY WASTE MATERIAL AND A STRENGTH BOOSTER TO BITUMINOUS CONCRETE MIXTURE.
- [9] Yasanthi, R. G. N., Rengarasu, T. M., Jegatheesan, N., & Bandara, W. (2017). Effect of Temperature Variation on Hot Mix Asphalt Concrete with sawdust ash used as aggregates. *Proceeding of Fifth International Symposium on Advance in Civil and*

- Environmental Engineering Practices for Sustainable Development, Faculty of Engineering, University of Ruhuna, Hapugala, Galle, 244–251.
- [10] Bi, Y. C., & Jakarni, F. M. (2019). Evaluating properties of wood ash modified asphalt mixtures. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 512(1), 12004.
 - [11] Retardant IF. *Effect of Fillers*. Packag (Boston, Mass). 2009;5–7.
 - [12] Yildirim Y. Polymer modified asphalt binders. *Constr Build Mater* 2007;21:66–72.
 - [13] Lu C, Kuo M, Shen D. Composition and reaction mechanism of cement–asphalt mastic. *Constr Build Mater* 2009;23:2580–5.
 - [14] Chiu C. Use of ground tire rubber in asphalt pavements: field trial and evaluation in Taiwan. *Resour Conserv Recycl* 2008;52(3):s522–32.
 - [15] Aljassar, A. H., Metwali, S., & Ali, M. A. (2004). Effect of filler types on Marshall stability and retained strength of asphalt concrete. *International Journal of Pavement Engineering*, 5(1), 47–51.
 - [16] Lu, D., Wang, Y., Leng, Z., & Zhong, J. (2021). Influence of ternary blended cementitious fillers in a cold mix asphalt mixture. *Journal of Cleaner Production*, 318, 128421.
 - [17] Al-Khateeb, G. G., & Al-Akhras, N. M. (2011). Properties of Portland cement-modified asphalt binder using Superpave tests. *Construction and Building Materials*, 25(2), 926–932.
 - [18] Guha, A. H., & Assaf, G. J. (2020). Effect of Portland cement as a filler in hot-mix asphalt in hot regions. *Journal of Building Engineering*, 28, 101036.
 - [19] Niazi, Y., & Jalili, M. (2009). Effect of Portland cement and lime additives on properties of cold in-place recycled mixtures with asphalt emulsion. *Construction and Building Materials*, 23(3), 1338–1343.
 - [20] Cao W. Study on properties of recycled tire Rubber-modified asphalt mixtures using dry process. *Constr Build Mater* 2007;1(5):1011–5.
 - [21] Li G, Zhao Y, Pang SS, Huang W. Experimental study of cement–asphalt emulsion composite. *Cem Concr Res* 1998;28(5):635–41.