

Analisis Parameter *Marshall* dan Indeks Kekuatan Sisa Pada Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* Ditinjau Dari Penggunaan *Filler PC*, Abu Sekam Padi dan Abu Limbah Serbuk Kayu Kerajinan Kendang Jimbe Kota Blitar

Kokos Asadurohman^{1,*}, Bambang Supriyanto¹, Boedi Rahardjo¹

Departemen Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Malang, Malang¹

Koresponden*, Email: kokos.asadurohman.1705236@students.um.ac.id

Info Artikel		Abstract
Diajukan	01 Agustus 2024	Road infrastructure is one of the important facilities in supporting community mobility.
Diperbaiki	05 September 2024	Therefore, alternative fillers with PC filler, rice husk ash, and wood powder waste ash from kendang jimbe crafts in Blitar City need to be sought. This research aims to describe the characteristics and IKS values in the AC-WC mixture as viewed from the Marshall parameter results. This research was conducted by testing using Marshall test equipment.
Disetujui	06 Agustus 2025	Test results show that with increasing asphalt content, stability value tends to rise until the asphalt content reaches 6%, then decreases until the asphalt content reaches 7%. The flow value tends to rise with increasing asphalt content, the VIM value tends to decrease as the asphalt content increases, the VMA value of PC filler and wood powder waste ash tends to decrease with increasing asphalt content, whereas the VMA value of rice husk ash filler tends to increase. The VFA value tends to rise with increasing asphalt content. IKS value of PC filler and rice husk ash meets specifications. However, IKS value of wood powder waste ash filler does not meet specifications.

Keywords: background, aim, method, results. AC-WC, Marshall, PC, Rice Husk Ash, Residual Strength Index, Wood Powder Ash

Kata kunci: abu sekam padi, abu serbuk kayu, AC-WC, IKS, marshall, PC

Abstrak

Infrastruktur jalan merupakan salah satu sarana penting dalam menunjang mobilitas masyarakat. Oleh karena itu perlu dicari *filler* alternatif dengan *filler PC*, abu sekam padi dan abu limbah serbuk kayu kerajinan kendang jimbe Kota Blitar. Penelitian ini bertujuan untuk mendiskripsikan karakteristik dan nilai IKS pada campuran AC-WC ditinjau dari hasil parameter *Marshall*. Penelitian ini dilakukan dengan pengujian menggunakan alat uji *Marshall*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa meningkatnya kadar aspal nilai stabilitas cenderung naik hingga kadar aspal 6% kemudian menurun hingga kadar aspal 7%, nilai *flow* cenderung naik dengan meningkatnya kadar aspal, nilai *VIM* cenderung menurun seiring bertambahnya kadar aspal, nilai *VMA* *filler PC* dan abu limbah serbuk kayu cenderung menurun dengan bertambahnya kadar aspal, sedangkan nilai *VMA* *filler abu sekam padi* cenderung naik, nilai *VFA* cenderung naik dengan meningkatnya kadar aspal. Nilai IKS *filler PC* dan abu sekam padi memenuhi spesifikasi. Sedangkan nilai IKS *filler abu limbah serbuk kayu* tidak memenuhi spesifikasi.

1. Pendahuluan

Jalan merupakan komponen penting dari infrastruktur transportasi darat. Jalan melayani sejumlah tujuan, termasuk bertindak sebagai katalis untuk pembangunan yang efisien dan merata di suatu wilayah untuk transportasi. Pemerintah memandang jalan sebagai salah satu bentuk transportasi yang memiliki dampak signifikan terhadap perekonomian dan fungsi pemerintahan. Salah satu aset utama untuk meningkatkan aktivitas masyarakat di suatu tempat, baik untuk kegiatan sosial maupun ekonomi adalah adanya infrastruktur jaringan jalan yang memadai. Jalan juga berfungsi sebagai sarana aksesibilitas dan sosialisasi bagi masyarakat. Transportasi dan kegiatan ekonomi akan berjalan lancar jika kondisi jalan baik. Untuk itu, penting untuk pembangunan jalan dengan kualitas yang sangat baik [1].

Aspal campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) merupakan campuran *hot mix* aspal panas digunakan untuk menahan beban lalu lintas secara langsung yang berfungsi sebagai lapisan keausan yang melindungi lapisan di bawahnya [2]. Agregat batu pecah alami dan pengisi abu batu digunakan dalam desain campuran AC-WC standar saat ini. Selain itu, ketersediaan agregat batu pecah semakin berkurang dan seringkali terletak jauh dari lokasi pembangunan jalan, sehingga menaikkan harga pembangunan jalan.

Filler merupakan salah satu bahan yang berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga pada suatu campuran aspal. Selain itu *filler* juga berfungsi sebagai media pelumas aspal terhadap permukaan agregat. Persentase bahan pengisi yang kecil pada campuran aspal tidak berarti tidak berpengaruh besar terhadap sifat *Marshall* yang juga kinerja campuran

pada beban lalu lintas. Penelitian tentang penggunaan *filler* sebagai campuran perkerasan jalan telah banyak dilakukan, seperti PC, kapur, *fly ash*, *tile powder*, *silt*, dll. PC dan *fly ash* merupakan material terbaik yang dapat digunakan sebagai *filler*.

Salah satu dari sekian banyak perbaikan dan modifikasi pembuatan aspal adalah penggunaan *filler* dari limbah untuk menciptakan campuran aspal yang ramah lingkungan. Dalam penelitian ini, abu sekam padi yang dihasilkan melalui pembakaran merupakan limbah yang digunakan sebagai bahan pengisi. Abu sekampadi memiliki nilai guna yang rendah karena sampai saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Akibatnya, dalam hal ketersediaan bahan dan biaya, abu sekam padi digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran aspal beton karena murah dan mudah diperoleh [3].

Selain dari limbah hasil pembakaran sekam padi, masih banyak limbah yang dapat digunakan, seperti limbah dari serbuk kayu kerajinan Jimbe Kota Blitar. Serbuk gergaji kayu dipilih sebagai *filler* dikarenakan bahannya berpori, sehingga air mudah terserap dan mengisi pori-pori tersebut. Sifat dari serbuk kayu sendiri adalah higroskopik atau mudah menyerap air. Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini akan dilakukan penelitian tentang perbandingan kekuatan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) ditinjau terhadap penggunaan *filler* PC, abu limbah sekam padi dan abu limbah serbuk kayu kerajinan kendang Jimbe Kota Blitar.

2. Metode

Penelitian yang akan dilakukan ini dikerjakan dengan metode penelitian eksperimen dengan bertempat di dalam laboratorium, saat penelitian ini mulai dilakukan, diperlukan tahap pengumpulan data terlebih dahulu. Termasuk mengkaji data sekunder dari beberapa literatur dan spesifikasi standar Kementerian PUPR Tahun 2018 Revisi

2. Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap yaitu sebagai berikut :

- Tahapan persiapan terdiri dari : (a) pengujian agregat, (b) uji aspal penetrasi 60/70, (c) pengujian *filler*, (d) perancangan campuran.
- Tahap pengujian benda uji yang terdiri dari: (a)

pembuatan benda uji, (b) persiapan alat *Marshall*, (c) uji *Marshall*.

- Tahap memperoleh data dan menganalisis yang terdiri : (a) sumber data, (b) analisis data, (c) kesimpulan.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- Aspal dari produk pertamina dengan memiliki nilai 60/70 dari *asphalt mixing plant* Perusahaan Sriwijaya 87.
- Semen portland (PC) jenis I dari Semen Gresik.
- Filler* abu limbah sekam padi Kota Blitar.
- Filler* abu limbah serbuk kayu kerajinan kendang Jimbe dari Kelurahan Sentul, Kota Blitar.
- Agregat dari PT. Sriwijaya 87 (*Asphalt Mixing Plant*) di Desa Kendalpayak, Pakisaji, Kabupaten Malang.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk mendapatkan nilai stabilitas, *flow*, MQ, VIM, VMA, dan VFA. Setiap kadar aspal menggunakan 3 benda uji sebagai benda uji sampel, dan kadar aspal yang digunakan untuk mencari nilai KAO adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%.

Berdasarkan **Tabel 1**, hasil pengujian parameter *Marshall* pada campuran Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) dengan penggunaan *filler* PC menunjukkan pengaruh yang signifikan dari variasi kadar aspal (5% hingga 7%) terhadap karakteristik campuran. Nilai stabilitas menunjukkan tren fluktuatif di mana terjadi peningkatan dari kadar aspal 5% hingga mencapai titik puncak pada kadar aspal 6% sebesar 1123,21 kg, kemudian menurun pada kadar aspal selanjutnya. Meskipun demikian, seluruh variasi kadar aspal menghasilkan nilai stabilitas yang memenuhi standar minimum 800 kg. Sejalan dengan peningkatan kadar aspal, nilai kelelahan (*flow*) mengalami kenaikan linear, namun perlu dicatat bahwa pada kadar aspal 6,5% dan 7%, nilai *flow* telah melampaui batas maksimum spesifikasi yaitu 4 mm.

Dari keseluruhan analisis, kadar aspal 6% teridentifikasi sebagai variasi yang paling optimal karena merupakan satunya proporsi yang memenuhi seluruh persyaratan spesifikasi teknis AC-WC, baik dari sisi kekuatan (stabilitas dan *flow*) maupun volumetrik (VIM, VMA, dan VFA).

Tabel 1. Hasil analisis parameter *Marshall* dengan *filler* PC

Parameter	Spesifikasi AC-WC	Satuan	Kadar Aspal terhadap Berat Campuran Agregat				
			5%	5,5%	6%	6,5%	7%
Stabilitas	Min. 800	kg	946,65	1100,14	1123,21	985,14	927,06
Flow	2-4	mm	3,32	3,75	3,85	4,02	4,13
VIM	3-5	(%)	4,17	3,31	3,16	2,93	2,57
VMA	Min. 15	(%)	14,13	14,33	15,15	15,87	16,48
VFA	Min. 65	(%)	70,51	76,99	79,12	81,56	84,43

Tabel 2. Hasil analisis parameter *Marshall* dengan *filler* abu sekam padi

Parameter	Spesifikasi AC-WC	Satuan	Kadar Aspal terhadap Berat Campuran Agregat				
			5%	5,5%	6%	6,5%	7%
Stabilitas	Min. 800	kg	946,65	1100,14	1123,21	985,14	927,06
Flow	2-4	mm	3,32	3,75	3,85	4,02	4,13
VIM	3-5	(%)	4,17	3,31	3,16	2,93	2,57
VMA	Min. 15	(%)	14,13	14,33	15,15	15,87	16,48
VFA	Min. 65	(%)	70,51	76,99	79,12	81,56	84,43

Tabel 3. Hasil analisis parameter *Marshall* dengan *filler* abu limbah serbuk kayu kerajinan kendang jimbe

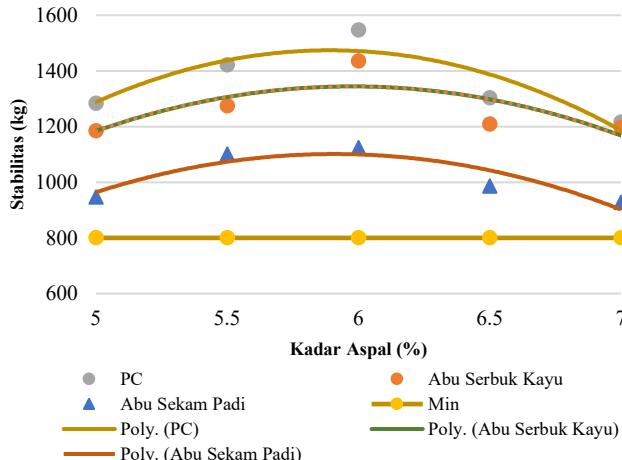
Parameter	Spesifikasi AC-WC	Satuan	Kadar Aspal terhadap Berat Campuran Agregat				
			5%	5,5%	6%	6,5%	7%
Stabilitas	Min. 800	Kg	1184,81	1273,94	1435,19	1208,8	1197,13
Flow	2-4	mm	3,13	3,17	3,30	3,39	3,49
VIM	3-5	(%)	8,39	6,94	6,59	4,88	3,08
VMA	Min. 15	(%)	18,65	18,31	18,93	18,37	17,74
VFA	Min. 65	(%)	55,09	62,15	65,19	73,44	82,77

Berdasarkan **Tabel 1**, **Tabel 2** dan

Tabel 3 maka diperoleh bentuk grafik berikut. Berikut adalah gambar grafik hubungan variasi kadar aspal dengan nilai Stabilitas, Flow, VIM, VMA dan VFA.

3.1. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan jalan dalam menahan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur, dan *bleeding* [4].



Gambar 1. Hubungan kadar aspal dengan nilai Stabilitas

Berdasarkan **Gambar 1** nilai stabilitas *filler* PC tertinggi terjadi pada kadar aspal 6% yaitu sebesar 1479,07 kg sedangkan pada kadar aspal 7% memiliki nilai stabilitas terendah sebesar 1216,48 kg. Peningkatan nilai stabilitas tersebut dikarenakan semakin bertambahnya aspal pada campuran menyebabkan daya ikat antar agregat dan aspal menjadi lebih padat sehingga nilai stabilitas menjadi lebih

tinggi dari kadar aspal sebelumnya. Sementara, penurunan nilai stabilitas pada kadar aspal 7% disebabkan oleh fungsi aspal yang pada awalnya sebagai pengikat agregat berubah peran menjadi pelicin dan menyebabkan agregat dalam campuran menjadi kurang stabil ikatannya sehingga nilai stabilitas mengalami penurunan. Hal ini sejalan dengan penelitian [5] yang menyatakan bahwa nilai stabilitas akan terjadi peningkatan hingga titik ultimit kemudian akan mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar aspal dalam campuran.

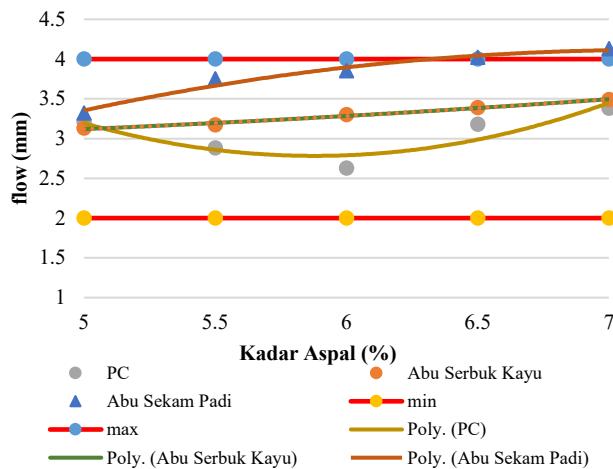
Pada penelitian ini kadar aspal 6% pada *filler* PC memiliki nilai stabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan *filler* abu sekam padi dan abu limbah serbuk kayu. Hal itu dikarenakan *filler* PC terdapat kandungan unsur kimia dominan yaitu Ca (kalsium) sebesar 63,1%. Sedangkan pada *filler* abu sekam padi memiliki Ca sebesar 1,01% dan persentase Ca pada *filler* abu limbah serbuk kayu sebesar 5,42%. Perbedaan komposisi unsur-unsur kimia yang dimiliki tiap jenis *filler* menyebabkan terjadinya perbedaan nilai stabilitas. Menurut [6] *filler* yang memiliki kandungan senyawa Ca dan Si menghasilkan nilai stabilitas yang cukup karena dua unsur tersebut memiliki sifat plastis dan daya ikat yang baik.

Berdasarkan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa pada kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, nilai stabilitas masing-masing *filler* pada hasil analisis data telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 untuk campuran AC-WC yaitu ≥ 800 kg.

3.2. Kelehan (flow)

Kelehan adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas

keruntuhuan [4]. Nilai *flow* menunjukkan deformasi akibat pembebanan. Nilai *flow* didapat dari pembacaan alat arloji *flow* pada saat pengujian *Marshall*.



Gambar 2. Hubungan kadar aspal dengan nilai *Flow*

Berdasarkan **Gambar 2** nilai *flow* campuran aspal dengan *filler* PC terjadi penurunan maksimum hingga kadar aspal 6% sebesar 2,63 mm setelah itu terjadi peningkatan nilai *flow* hingga kadar aspal 7% sebesar 3,38 mm. Penurunan nilai *flow* tersebut dikarenakan semakin bertambahnya aspal yang mengisi rongga dalam campuran sehingga menyebabkan volume rongga semakin kecil. Apabila rongga yang terisi aspal semakin besar, kelelahan aspal akan semakin besar pula dan campuran mudah mengalami perubahan bentuk. Kondisi ini tidak sesuai dengan penelitian [7] bahwa nilai *flow* semakin menurun seiring dengan meningkatnya kadar aspal.

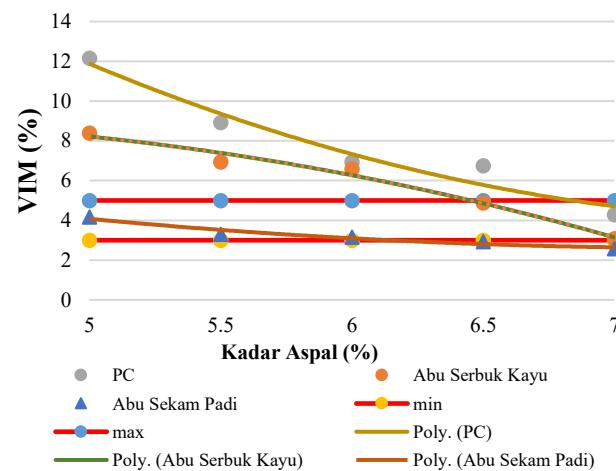
Sedangkan campuran aspal dengan *filler* abu sekam padi dan *filler* abu limbah serbuk kayu menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal maka nilai *flow* mengalami kenaikan. Hal itu disebabkan karena seiring bertambahnya kadar aspal maka campuran aspal beton akan semakin lentur. Penelitian ini sesuai dengan [8] bahwa bertambahnya kadar aspal maka nilai *flow* akan mengalami kenaikan. Hal tersebut terbukti pada *filler* abu sekam padi dengan kadar aspal yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% memiliki nilai berturut-turut yaitu 3,32 mm, 3,75 mm, 3,85 mm, 4,02 mm, dan 4,13 mm dan pada *filler* abu limbah serbuk kayu dengan kadar aspal yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% memiliki nilai berturut-turut yaitu 3,13 mm, 3,17 mm, 3,30 mm, 3,39 mm, dan 3,49 mm. Penjelasan ini juga sejalan dengan teori hubungan kadar aspal dengan nilai *flow* menurut [4] bahwa kelelahan atau *flow* akan terus meningkat dengan seiring meningkatnya kadar aspal dalam campuran.

Maka dapat disimpulkan bahwa dari kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, semua nilai *flow* campuran dengan

filler PC dan abu limbah serbuk kayu telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 untuk campuran AC-WC yaitu 2 mm-4 mm. Sedangkan nilai *flow* campuran dengan *filler* abu sekam padi pada kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 untuk campuran AC-WC.

3.3. VIM (*Void In Mixture*)

VIM (*Void In Mixture*) merupakan persentase banyaknya total rongga dalam campuran yang sudah dipadatkan [4]. Nilai VIM dipengaruhi oleh kadar aspal dalam campuran, gradasi agregat dan faktor pemasukan.



Gambar 3. Hubungan kadar aspal dengan nilai VIM

Pada **Gambar 3** campuran aspal dengan *filler* PC menunjukkan bahwa seiring bertambahnya kadar aspal, nilai VIM mengalami penurunan. Hal itu dikarenakan bertambahnya kadar aspal pada campuran mengakibatkan aspal mampu mengikat rongga-rongga dalam campuran dan menyelimuti agregat sehingga rongga semakin mengecil, kelebihan campuran terhadap air dan udara menjadi lebih tinggi dan campuran sudah kelebihan banyak aspal. Kondisi ini sesuai dengan penelitian [5] nilai VIM mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar aspal. Hasil ini juga sesuai dengan teori hubungan kadar aspal dengan nilai VIM menurut [4] lengkap grafik VIM akan terus menurun dengan bertambahnya kadar aspal sampai secara ultimit mencapai nilai minimum.

Selanjutnya campuran dengan *filler* abu sekam padi menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya kadar aspal maka nilai VIM akan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan jumlah rongga udara terisi aspal lebih banyak yang mengakibatkan rongga udara yang tersisa dalam campuran beton aspal menjadi berkurang. Hasil ini juga sesuai dengan teori hubungan kadar aspal dengan nilai VIM menurut [4] lengkap grafik VIM akan terus menurun

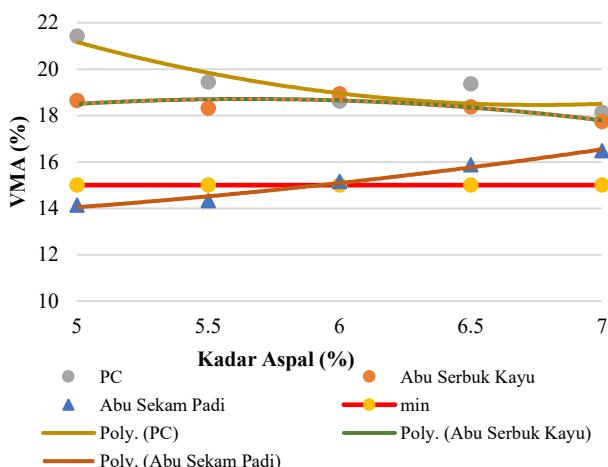
dengan bertambahnya kadar aspal sampai secara ultimit mencapai nilai minimum.

Campuran dengan *filler* abu limbah serbuk kayu menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya kadar aspal maka nilai VIM semakin turun. Hal ini dikarenakan jumlah rongga udara terisi aspal lebih banyak yang mengakibatkan rongga udara yang tersisa dalam campuran beton aspal menjadi berkurang. Hasil ini juga sesuai dengan teori hubungan kadar aspal dengan nilai VIM menurut [4] lengkung grafik VIM akan turun menurun dengan bertambahnya kadar aspal sampai secara ultimit mencapai nilai minimum.

Dengan demikian nilai VIM dari hasil analisis data yang telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 (3%-5%) pada campuran aspal dengan *filler* PC adalah kadar aspal 7%, *filler* abu sekam padi kadar aspal 5 %, 5,5% dan 6%, dan *filler* abu limbah serbuk kayu kadar aspal 6,5% dan 7%.

3.4. VMA (*Void In Mineral Aggregate*)

VMA (*Void In Mineral Aggregate*) merupakan banyaknya pori di antara butir agregat di dalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal dihilangkan [4]. Nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi agregat, dan jumlah tumbukan.



Gambar 4. Hubungan kadar aspal dengan nilai VMA

Pada Gambar 4 campuran dengan *filler* PC dari hasil analisis menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal maka nilai VMA semakin menurun kemudian mengalami kenaikan lalu turun lagi dari kadar aspal 5% sebesar 21,42% hingga nilai minimum pada kadar aspal 7% sebesar 18,14%. Hal ini dikarenakan bertambahnya kadar aspal memberikan pengaruh terhadap isi campuran yaitu mengisi volume rongga yang ada di antara agregat dalam campuran sehingga mengakibatkan penurunan nilai VMA. Kondisi ini sesuai dengan penelitian [5] dimana nilai VMA

mengalami ketidaktetapan yaitu seiring bertambahnya kadar aspal nilai VMA semakin menurun kemudian naik lalu turun dan naik lagi.

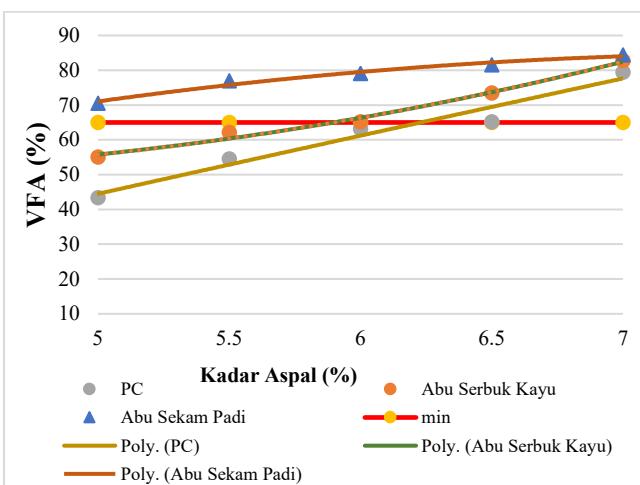
Sedangkan campuran dengan *filler* abu sekam padi menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal, nilai VMA cenderung mengalami kenaikan. Hal ini terjadi karena abu sekam padi memiliki sifat absorpsi sehingga menambah jumlah volume rongga yang ada di antara agregat dalam campuran. Peningkatan nilai yang terjadi dikarenakan desakan air yang masuk ke dalam rongga agregat semakin tinggi. Kondisi ini tidak sesuai dengan teori hubungan kadar aspal dengan nilai VMA menurut [4] dimana lengkung VMA akan turun sampai mencapai nilai minimum dan kemudian kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal.

Kemudian campuran aspal dengan *filler* abu limbah serbuk kayu menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal, nilai VMA semakin menurun kemudian mengalami kenaikan lalu turun . Hal ini dikarenakan *filler* abu limbah serbuk kayu membuat ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal dan volume pori yang diperlukan dalam campuran semakin sedikit sehingga diperoleh grafik ke bawah. Namun setelah sampai pada titik tertentu, nilai VMA mulai naik seiring bertambahnya kadar aspal dan mengalami penurunan pada kadar aspal berikutnya. Kondisi ini sesuai dengan penelitian [5] dimana nilai VMA mengalami ketidaktetapan yaitu seiring bertambahnya kadar aspal nilai VMA semakin menurun kemudian naik lalu turun dan naik lagi. Kenaikan dan penurunan nilai VMA terjadi karena beberapa faktor, diantaranya pemasakan, gradasi agregat dan kadar aspal.

Maka dapat disimpulkan bahwa dari persentase kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, semua nilai VMA campuran dengan *filler* PC telah memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 untuk campuran AC-WC ($\geq 15\%$). Sementara itu, nilai VMA *filler* abu sekam padi yang telah memenuhi spesifikasi hanya pada kadar aspal 6%, 6,5% dan 7%. Sedangkan untuk campuran dengan *filler* abu limbah serbuk kayu seluruh kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% telah memenuhi spesifikasi.

3.5. VFA(*Void Filled with Asphalt*)

Nilai VFA menunjukkan banyaknya pori-pori antara butir agregat di dalam beton aspal padat yang terisi oleh aspal [4]. VFA menentukan keawetan campuran beraspal panas, semakin besar nilai VFA maka rongga yang terisi aspal semakin banyak.



Gambar 5. Hubungan kadar aspal dengan nilai VFA

Pada **Gambar 5** campuran dengan *filler* PC menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal, nilai VFA cenderung meningkat dari kadar aspal 5% sebesar 39,51% hingga kadar aspal 7% sebesar 81,61%. Hal ini dikarenakan aspal yang semakin meningkat sehingga jumlah aspal yang dapat menyelimuti agregat dalam campuran juga semakin besar dan rongga yang terisi aspal semakin banyak. Penelitian [5] pada campuran AC-WC dengan *filler* PC juga mengalami kenaikan nilai VFA.

Sedangkan campuran dengan *filler* abu sekam padi menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal, nilai VFA cenderung naik dari kadar aspal 5% sebesar 70,51% hingga nilai maksimum pada kadar aspal 7% sebesar 84,43%. Hal ini disebabkan karena penambahan *filler* abu sekam padi membuat rongga yang tersedia semakin kecil dan kebutuhan rongga terisi oleh aspal juga semakin sedikit. Hal ini menunjukkan tidak ada halangan

bagi aspal untuk mengisi rongga-rongga yang ada. Terbukti dari Gambar 4.3 dimana grafik VIM semakin turun sedangkan Gambar 4.5 terlihat grafik VFA semakin naik seiring bertambahnya kadar aspal. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian [9] pada campuran AC-WC dengan *filler* abu sekam padi penambahan *filler* abu sekam padi ke dalam campuran cenderung besar menyebabkan nilai VFA meningkat.

Sementara itu campuran aspal dengan *filler* abu limbah serbuk kayu menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar aspal nilai VFA cenderung naik hingga titik ultimit kadar aspal 7%. Hal ini dikarenakan *filler* abu limbah serbuk kayu menjadikan aspal mudah menyelimuti agregat secara merata. Hasil ini sesuai dengan grafik VFA pada [10] bahwa lengkung VFA semakin naik seiring meningkatnya kadar aspal.

Analisis data VFA memperlihatkan tingkat kepatuhan terhadap standar Bina Marga 2018 ($\geq 65\%$) yang bervariasi. Pada campuran dengan *filler* PC dan abu limbah serbuk kayu, pemenuhan spesifikasi terbatas pada kadar aspal 6%, 6,5%, dan 7%, sedangkan pada kadar aspal yang lebih rendah, nilai VFA belum mencapai standar yang ditetapkan. Kondisi berbeda ditunjukkan oleh penggunaan *filler* abu sekam padi, yang mampu menghasilkan nilai VFA memenuhi spesifikasi pada semua variasi kadar aspal. Fenomena ini menyiratkan bahwa abu sekam padi memiliki kompatibilitas yang lebih baik dalam mengisi rongga mineral agregat (VMA) dengan aspal efektif, bahkan pada kadar aspal rendah, dibandingkan dengan *filler* PC maupun abu limbah serbuk kayu.

Tabel 4. Penentuan KAO *filler* PC

Parameter	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	5	5,5	6	6,5	7	
Marshall						
Stabilitas						min. 800 kg
Flow						2 – 4 mm
VIM						3 – 5 %
VMA						min. 15 %
VFA						min. 65 %
					KAO : 6,90 %	

Tabel 5. Penentuan KAO *filler* abu sekam padi

Parameter	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	5	5,5	6	6,5	7	
Marshall						
Stabilitas						min. 800 kg
Flow						2 – 4 mm
VIM						3 – 5 %
VMA						min. 15 %
VFA						min. 65 %
					KAO: 6,05 %	

Tabel 6. Penentuan KAO *filler* abu limbah serbuk kayu kerajinan kendang jimbe

Parameter	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	5	5,5	6	6,5	7	
Marshall						
Stabilitas						min. 800 kg
Flow						2 – 4 mm
VIM						3 – 5%
VMA						min. 15%
VFA						min. 65%
					KAO: 6,72%	

Kesimpulan dari hasil interaksi penentuan kadar aspal optimum dengan *filler* PC dilihat pada **Tabel 4** menunjukkan bahwa *filler* PC dengan kadar aspal 6,90% telah memenuhi ketentuan spesifikasi Bina Marga 2018 untuk campuran aspal beton AC-WC. Sehingga untuk KAO menggunakan *filler* PC, kadar aspal yang akan digunakan adalah 6,90%. Hasil interaksi penentuan kadar aspal optimum dengan *filler* abu sekam padi dilihat pada **Tabel 5** menunjukkan bahwa *filler* abu sekam padi dengan kadar aspal 6,05% telah memenuhi ketentuan spesifikasi Bina Marga 2018 untuk campuran aspal beton AC-WC. Sehingga untuk KAO menggunakan *filler* abu sekam padi, kadar aspal yang akan digunakan adalah 6,05%. Hasil interaksi penentuan kadar aspal optimum dengan *filler* abu limbah serbuk kayu dilihat pada **Tabel 6** yang menunjukkan bahwa

filler abu limbah serbuk kayu dengan kadar aspal 6,72% telah memenuhi ketentuan spesifikasi Bina Marga 2018 untuk campuran aspal beton AC-WC. Sehingga untuk KAO menggunakan *filler* abu limbah serbuk kayu, kadar aspal yang akan digunakan adalah 6,72%.

Tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji untuk menentukan nilai IKS berdasarkan nilai KAO dari AC-WC yang telah didapat dari pengujian sebelumnya yaitu untuk *filler* PC pada kadar aspal 6,90%, untuk *filler* abu sekam padi pada kadar aspal 6,05%, dan untuk *filler* abu limbah serbuk kayu pada kadar aspal 6,72%. Setiap benda uji berdasarkan nilai KAO akan dibuat sebanyak 3 sampel benda uji. Berikut merupakan hasil dari data rata-rata pengujian Marshall untuk KAO pada beberapa *filler* yang disajikan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Hasil analisis parameter *Marshall* KAO pada beberapa *filler* waktu rendaman 30 menit

Parameter	Spesifikasi AC-WC	Satuan	KAO		
			PC (6,90 %)	Abu Sekam Padi (6,05 %)	Abu Serbuk Kayu (6,72 %)
Stabilitas	Min. 800	kg	1211,41	1117,66	1273,38
Flow	2-4	mm	3,37	3,86	3,52
VIM	3-5	(%)	4,63	3,11	4,48
VMA	Min. 15	(%)	18,25	15,19	18,42
VFA	Min. 65	(%)	74,67	79,59	75,85

Tabel 8. Hasil analisis parameter *Marshall* nilai indeks kekuatan sisa

Parameter	Spesifikasi AC-WC	Satuan	KAO					
			PC (6,90 %)		Abu Sekam Padi (6,05 %)		Abu Serbuk Kayu (6,72 %)	
			30 Menit	24 Jam	30 Menit	24 Jam	30 Menit	24 Jam
Stabilitas	Min. 800	kg	1211,41	1168,59	1117,66	1061,00	1273,38	1124,65
IKS (b/a x 100)	Min. 90	(%)	96,47		94,93		88,32	

Berdasarkan data **Tabel 8** pembuatan benda uji untuk perendaman 30 menit dan 24 jam dilakukan dengan menggunakan KAO yang telah didapat dari pengujian sebelumnya yaitu untuk *filler* PC pada kadar aspal 6,90%, untuk *filler* abu sekam padi pada kadar aspal 6,05%, dan untuk *filler* abu limbah serbuk kayu pada kadar aspal

6,72%. Dapat dilihat pada tabel, nilai stabilitas hasil rendaman 24 jam pada *filler* PC, *filler* abu sekam padi, dan *filler* abu limbah serbuk kayu mengalami kenaikan dibandingkan stabilitas dengan waktu perendaman 30 menit. Nilai indeks kekuatan sisa didapat dengan melihat nilai stabilitas setelah perendaman dengan waktu tertentu

terhadap perendaman standar menurut uji *Marshall* yaitu 30 menit.

Nilai indeks kekuatan sisa yang didapat dengan waktu perendaman 24 jam untuk *filler* PC sebesar 96,47% dan *filler* abu sekam padi sebesar 94,93% yang berarti nilai IKS pada *filler* PC dan *filler* abu sekam padi telah memenuhi standar Bina Marga 2018 untuk campuran AC-WC yaitu minimal 90%. Sedangkan untuk *filler* abu limbah serbuk kayu nilai indeks kekuatan sisa (IKS) sebesar 88,32% yang berarti nilai IKS penggunaan *filler* abu imbah serbuk kayu tidak memenuhi standar nilai IKS untuk campuran AC-WC dari Bina Marga 2018.

Hasil penelitian IKS pada *filler* abu serbuk kayu tersebut sesuai dengan penelitian [11] yang menunjukkan bahwa nilai stabilitas benda uji dengan perendaman 30 menit lebih besar dibandingkan dengan nilai stabilitas benda uji dengan perendaman 24 jam. Nilai stabilitas dengan perendaman 30 menit diperoleh sebesar 1859,12 kg, sedangkan nilai stabilitas dengan perendaman 24 jam diperoleh sebesar 1663,23 kg sehingga diperoleh nilai IKS sebesar 89,46%. Sejalan dengan penelitian ini [12] menyatakan bahwa benda uji yang telah memenuhi syarat minimal nilai IKS, benda uji tersebut mampu menahan kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh air.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan tentang karakteristik *Marshall* dan IKS campuran AC-WC dengan penambahan *filler* abu sekam padi, abu limbah serbuk kayu, dan PC dapat ditarik kesimpulan:

1. Karakteristik *Marshall* pada campuran AC-WC dengan *filler* PC, abu sekam padi dan abu limbah serbuk kayu yaitu dengan meningkatnya kadar aspal nilai stabilitas cenderung naik hingga kadar aspal 6% kemudian mengalami penurunan hingga kadar aspal 7%, nilai *flow* cenderung mengalami kenaikan dengan meningkatnya kadar aspal, nilai VIM cenderung menurun seiring bertambahnya kadar aspal, nilai VMA *filler* PC dan abu limbah serbuk kayu cenderung menurun dengan bertambahnya kadar aspal, sedangkan Nilai VMA *filler* abu sekam padi cenderung naik dengan bertambahnya kadar aspal, nilai VFA cenderung naik dengan meningkatnya kadar.
2. Penggunaan *filler* abu sekam padi, abu limbah serbuk kayu, dan PC telah sesuai dengan batas minimal stabilitas yaitu 800 kg. Nilai IKS untuk *filler* PC sebesar 96,47% dan *filler* abu sekam padi sebesar 94,93%, menunjukkan bahwa campuran aspal beton

yang menggunakan *filler* PC dan abu sekam padi dengan kadar aspal KAO ditinjau dari nilai IKS memiliki kekuatan untuk menahan kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh air. Sedangkan nilai IKS untuk *filler* abu limbah serbuk kayu sebesar 88,32%, menunjukkan bahwa campuran aspal beton yang menggunakan *filler* abu limbah dengan kadar aspal KAO ditinjau dari nilai IKS tidak memiliki kekuatan untuk menahan kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh air.

Daftar Pustaka

- [1] M. Ibrohim, «Sistem Informasi Geografis Tingkat Kerusakan Ruas Jalan Berbasis Web,» *Jurnal Sistem Informasi*, pp. 20-31, 2019.
- [2] A. Hidayah og S. D. Hartantyo, «Pengaruh penambahan limbah serbuk gipsum sebagai bahan pengganti *filler* pada campuran asphalt concrete-wearing course,» *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, pp. 545-556, 2021.
- [3] M. K. Todo, «Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Filler Pada Campuran AC-WC,» Universitas Flores, Flores, 2022.
- [4] S. Sukirman, «Beton Aspal Campuran Panas,» Yayasan Obor, Jakarta, 2007.
- [5] R. Putrowijoyo, «2006. Kajian Laboratorium Sifat *Marshall* dan Durabilitas Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland dan Abu Batu Sebagai Filler,» Universitas Diponegoro., Semarang, 2006.
- [6] A. Pertiwi og Setiadi, «Preparasi dan Karakteristik Zeolit Alam untuk Konversi Senyawa Abe Menjadi Hidrokarbon,» i *Prosiding Konggres dan Simposium Nasional Kedua Mkics*, 2007.
- [7] T. Supriadi, A. S. Syafaruddin og H. Azwansyah, «Perkerasan Campuran Aspal AC-WC Terhadap Sifat Penuaan Aspal,» *Jurnal Teknik Kelautan , PWK , Sipil, dan Tambang*, pp. 1-15, 2018.
- [8] A. Tahir, «Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batubara,» *Jurnal SMARTek*, pp. 256-278, 2009.
- [9] L. L. P. G. Leite, «perbandingan Nilai *Marshall* Antara Abu Batu Dengan Abu Sekam Padi Sebagai Penganti *Filler* Pada Campuran Aspal AC-WC Material Dari Quarry Gihon Unipessoal LDA. Hera Timor Leste, Menggunakan Pengujian *Marshall* Dengan Metode Bina Marga,» Universitas Katolik Widya Mandira, Kupang, 2019.
- [10] Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Konstruksi

dan Bangunan No. 004/BM/2006 tentang Pedoman Pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan, Departemen Pekerjaan Umum: Jakarta, 2006.

- [11] L. Ambarwati og Z. Arifin, «Campuran Hot Sheet (HRS) Dengan Material Piropilit Sebagai Filler Yang Tahan Hujan Asam,» Universitas Brawijaya, Malang, 2009.
- [12] P. H. Wijaya, B. Rahardjo og P. Pranoto, «Hubungan

Kadar Aspal Dengan Variasi Kadar Filler Batu Tabas Pada Campuran AC-WC,» *Jurnal Bangunan*, pp. 9-18, 2019.

Halaman ini sengaja dikosongkan