

Pengaruh Penambahan Abu Limbah Pemoangan Kayu Sebagai Pengganti Filler Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)

Vella Anggreana*¹, Dino Hardian²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Pekanbaru, INDONESIA
*Corresponding authors: vella.anggreana@eng.uir.ac.id

Diserahkan: 29 Mei 2024, Direvisi: 7 Juli 2024, Diterima: 20 Juli 2024

ABSTRAK Sebagian besar material filler merupakan hasil alam seperti abu batu yang jumlahnya kian terbatas dan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Untuk itu perlu adanya inovasi dengan menggunakan alternatif bahan pengganti berupa limbah seperti abu serbuk kayu dalam upaya mendapatkan bahan pengganti yang lebih ekonomis dan jumlahnya dilapangan masih banyak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan filler abu limbah pemoangan kayu dalam campuran AC-BC. Penelitian ini dilakukan menggunakan Spesifikasi Bina Marga 2018 dan menggunakan metode Marshall Test. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kadar aspal optimum yaitu 5,8%. Semakin besar campuran komposisi filler abu limbah pemoangan kayu, maka nilai VMA dan VIM semakin rendah, sedangkan pada nilai VFA semakin tinggi. Untuk nilai VMA, VFA dan Stabilitas masih memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018. Pada nilai VIM dan flow mengalami kenaikan dan penurunan pada setiap variasi abu kayu kulim yang dicampurkan. Untuk nilai stabilitas pada variasi 0% dan 10% campuran abu kayu kulim, mengalami kenaikan dari 1815,261 – 1863,761 Kg, namun pada variasi 20% - 40% mengalami penurunan dari 1551,979 – 1281,768 Kg tetapi masih memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Nilai flow pada variasi 0% dan 10% mengalami kenaikan dari 3,20 – 3,87mm, namun pada variasi 20% - 40% juga mengalami kenaikan yang melawati batas maksimum Spesifikasi Bina Marga 2018 dari 4,03 – 4,70mm. Pada semua komposisi filler abu kayu kulim yang digunakan, hanya pada variasi 0% dan 10% abu kayu kulim yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

KATA KUNCI Aspal; Abu Kayu; Marshall Test; Spesifikasi Binamarga 2018.

ABSTRACT Most filler materials are natural products such as stone ash which is increasingly limited in quantity and has a high economic value. For this reason, it is necessary to innovate by using alternative replacement materials in the form of waste such as sawdust in an effort to obtain a more economical replacement material and the amount in the field is still large. The purpose of this study was to determine the effect of using wood cutting waste ash filler in AC-BC mixture. This research was conducted using the 2018 Bina Marga Specifications and using the Marshall Test method. The percentage of wood cutting waste ash used was 0%, 10%, 20%, 30%, and 40%. Based on the research results, the optimum asphalt content is 5.8%. The greater the mixture of wood cutting waste ash filler composition, the lower the VMA and VIM values, while the higher the VFA value. The VMA, VFA and Stability values still meet the requirements of the 2018 Bina Marga Specifications. VIM and flow values increased and decreased in each variation of kulim wood ash mixed. For the stability value in the 0% and 10% variations of the culim wood ash mixture, it increased from 1815.261 - 1863.761Kg, but in the 20% - 40% variation it decreased from 1551.979 - 1281.768Kg but still met the requirements of the 2018 Bina Marga General Specifications. The flow value in the 0% and 10% variations increased from 3.20 - 3.87mm, but the 20% - 40% variation also experienced an increase that exceeded the maximum limit of the 2018 Bina Marga Specifications from 4.03 - 4.70mm. In all of the kulim wood ash filler compositions used, only the 0% and 10% variations of kulim wood ash met the requirements of the 2018 Bina Marga General Specifications.

KEYWORDS Asphalt; Wood Ash; Marshall Test; Binamarga specification 2018.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan semakin pesatnya pertumbuhan kendaraan, kerusakan yang dialami jalan raya cenderung prematur, dalam artian jalan mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana, bahkan ada yang mengalami kerusakan tidak lama setelah jalan tersebut dibuka. Menurut Sukirman (1999), berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan komposit (*composite pavement*). Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relative mahal. Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) berfungsi sebagai lapis pengikat atau lapis antara. Dikatakan lapis pengikat karena laston Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) ini dicampur, dihampar, dipadatkan pada suhu tertentu di atas lapisan AC-Base. Selain itu Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) juga bisa digunakan untuk lapisan antara yang memisahkan lapisan AC-WC dan AC-Base. Menurut spesifikasi Bina Marga 2018 bahwa tebal nominal minimum lapisan ini adalah 4 - 5 cm.

Sebagian besar material filler merupakan hasil alam seperti semen dan abu batu yang jumlahnya kian terbatas dan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Untuk itu perlu adanya inovasi dengan menggunakan alternatif bahan pengganti berupa limbah seperti abu serbuk kayu dalam upaya mendapatkan bahan pengganti yang lebih ekonomis dan jumlahnya dilapangan masih banyak. Abu limbah pemotongan kayu memiliki ukuran partikel yang sangat halus dan mengandung unsur pozzolan dan bersifat mengeras yang menambah kekuatan jika bereaksi dengan air dan itu dapat dijadikan sebagai filler. Selain itu kerang kima dapat digunakan juga sebagai alternatif bahan pengisi (*filler*) dalam campuran AC-BC menurut penelitian Bitu G. Laswar (2019).

Abu Limbah pemotongan kayu berguna untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran beraspal dan sifat saling mengunci dikarenakan abu serbuk kayu memiliki ukuran butir yang sangat halus lolos saringan No.200. Selain itu, pengolahan kayu jenis kulim, marak di gunakan akhir akhir ini. Pemakaian kayu jenis kulim dicari sebagai pembuatan jalur miniatur, khususnya daerah Kuantan Singingi. Serta untuk pengolahan kayu jenis kulim ini, juga sering ditemui pada produksi pembuatan kusen. Hal inilah yang membuat limbah hasil penggergajian kayu kulim melimpah. Serbuk kayu kulim yang digunakan di bakar hingga menghasilkan butir yang sangat halus, lolos saringan No.200.

Pada penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Tinambunan, A., & Alfian Malik, M. S. (2020) mengenai “Analisa Kinerja Campuran Ac-Bc Dengan Pemanfaatan Kombinasi Limbah Abu Serbuk Kayu Dan Abu Bata Sebagai Filler” menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase abu serbuk kayu yang digunakan maka nilai stabilitas juga mengalami kenaikan. Selain itu penelitian Cahya C. Y., M. Saleh, S., & Anggraini, R. (2018) mengenai “Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus” membuktikan penambahan serbuk gergaji dan semen portland pada campuran aspal berpengaruh terhadap nilai stabilitas perendaman air biasa. Penelitian Muslimin., Imananto I E., Munasih (2022) mengenai “Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Jati Sebagai Material Pengisi Pada Campuran ATB Ditinjau Dari Uji Marshall” didapatkan hasil yaitu serbuk kayu jati dapat dikatakan layak dijadikan material pengisi pada campuran ATB. Selain itu hasil penelitian yang dilakukan Baiquni, I.M., Hidayat, A. & Herianto., (2019) yang berjudul Pengaruh Filler Mortar Terhadap Campuran Aspal Beton menunjukkan bahwa kadar aspal optimum adalah 6,25 %, nilai stabilitas Marshall sanggup menahan beban lalu - lintas yang besar. Nilai stabilitas Marshall pada kadar aspal optimum pada penggunaan aspal Esso pen 60 / 70 + 2 % mortar dengan kadar aspal 6,25 % didapat 1291 kg.

Penelitian ini menggunakan metode Marshall sesuai SNI 06-2489-1991 untuk menyiapkan spesimen yang memenuhi ukuran minimum dan persyaratan rasio aspek dalam pengujian uniaksial. Pengujian Marshall sampai saat ini masih umum digunakan untuk mengevaluasi sifat-sifat campuran. Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas, kelelahan (flow), kepadatan, volume pori, rongga antar butiran, serta rongga yang terisi aspal.

Maka peneliti tertarik untuk melakukan kajian eksperimen laboratorium dengan memanfaatkan abu Serbuk Kayu sebagai filler terhadap kinerja aspal beton AC – BC pada Test Marshall. Pengolahan limbah abu serbuk kayu ini, diharapkan dapat menjadi solusi yang baik bagi lingkungan, yang mana sampai saat ini limbah abu serbuk kayu, belum dapat dimanfaatkan dengan optimal.

2. METODE

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Waktu pelaksanaan penelitian pada tahun 2024.

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Berikut teknik pengumpulan data yang dilakukan, antara lain :

1. Pengujian material, diantaranya
 - Analisa saringan
 - Berat jenis agregat
2. Pengolahan limbah kayu
 - Pembakaran kayu
 - Penyaringan filler
3. Pembuatan benda uji untuk menentukan KAO 15 sampel
4. Pembuatan benda uji/briquet aspal agregat + filler
 - 0 % abu kayu + 100 abu batu (3 sampel)
 - 20 % abu kayu + 80% abu batu (3 sampel)
 - 30 % abu kayu + 70% abu batu (3 sampel)
 - 40 % abu kayu + 60% abu batu (3 sampel)
5. Pengujian *Marshall*

2.3. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat kasar yang digunakan berasal dari quarry PT. Riau Mas Bersaudara (RMB).
2. Agregat medium yang digunakan berasal dari quarry PT. Riau Mas Bersaudara (RMB).
3. Pasir yang digunakan berasal dari quarry PT. Riau Mas Bersaudara (RMB).
4. Abu Batu yang digunakan berasal dari quarry PT. Riau Mas Bersaudara (RMB).
5. Aspal penetrasi 60/70 yang diproduksi oleh PT. Riau Mas Bersaudara (RMB).
6. Abu kayu Kulim yang berasal dari hasil pembakaran limbah usaha pembuatan Jalur miniatur, pallet kayu, dan limbah usaha pembuatan kusen pintu serta jendela yang disaring lolos dari saringan No.200.

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode Marshall sesuai SNI 06-2489-1991. Dengan dilakukan pengujian marshall diperoleh data kadar aspal optimum yang akan digunakan sebagai indikator awal untuk menentukan kadar aspal yang akan digunakan pada pengujian selanjutnya. Kemudian diperoleh nilai-nilai durabilitas, flow, densitas, VIM, VFB dan VMA. Nilai yang diperoleh dijadikan acuan apakah memenuhi standar kualitas yang baik dengan adanya penambahan *filler*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Saringan (Hasil Distribusi Ukuran Butiran Agregat)

Data yang diperoleh dari hasil analisa saringan agregat kasar, medium, abu batu, pasir dan filler dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Saringan

Nomor Saringan		% Lolos Agregat			
		Kasar (CA)	Sedang (MA)	Pasir (FS)	Abu Batu (FA)
Inchi	Mm				
1"	25,4	100	100	100	100
3/4"	19,1	91,35	100	100	100
1/2"	12,7	19,24	99,79	100	100
3/8"	9,5	9,18	72,29	99,71	100
No.4	4,75	6,9	20,25	94,74	98,06
No.8	2,38	6,88	8,61	68,22	88,47
No.16	1,18	6,88	7,52	52,84	79,06
No.30	0,6	6,85	7,03	29,25	55,74
No.50	0,3	6,84	6,92	16,41	27,46
No.100	0,15	6,80	6,79	6,47	12,96
No.200	0,075	6,76	6,70	3,30	11,70

Sumber: Hasil Uji

3.2. Hasil Perhitungan Gabungan Agregat

Persentase untuk masing-masing material pada campuran AC-BC diperoleh dengan cara metode matrik. Dari hasil perhitungan didapatkan persentase campuran yaitu 12,28% agregat kasar, 39,20% agregat medium, 25,40% abu batu dan 23,11% pasir. Persentase pemakaian agregat tersebut dikalikan dengan persen lolos masing - masing agregat sehingga didapatkan gradasi agregat gabungan. Gradasi agregat gabungan ini harus memenuhi persyaratan menurut Spesifikasi Bina Marga 2018 untuk campuran aspal AC-BC. Hasil perhitungan komposisi campuran dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Gradasi Agregat Gabungan ACBC

Nomor Saringan	% Pemakaian Agregat				Gradasi Gab.	Spek.
	CA	MA	FA	FS		% LOLOS
	12,28	39,20	25,40	23,11		
1'	12,28	39,20	25,40	23,11	100,000	100
3/4"	11,22	39,20	25,40	23,11	98,937	90-100
1/2"	2,36	39,12	25,40	23,11	90,000	74-90
3/8"	1,13	28,34	25,33	23,11	77,908	64-82
NO.4	0,85	7,94	24,07	22,66	55,516	47-64
NO.8	0,85	3,38	17,33	20,45	42,000	34.6-49
NO.16	0,84	2,95	13,42	18,27	35,489	28.3-38
NO.30	0,84	2,76	7,43	12,88	23,912	20.7-28
NO.50	0,84	2,71	4,17	6,35	14,067	13.7-20
NO.100	0,84	2,66	1,64	3,00	8,136	4-13
NO.200	0,83	2,63	0,84	2,70	7,000	4-8

Berdasarkan tabel 2 didapatkan persen pemakaian agregat kasar (CA) 12,28%, agregat medium (MA) 39,20%, abu batu (FA) 25,40%, dan pasir (FS) 23,11%. Sedangkan persentase pemakaian tiap fraksi agregat juga didapatkan nilai berat jenis bulk gabungan, berat jenis apparent dan berat jenis efektif.

3.3. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Agregat Halus

Dari pengujian berat jenis dan penyerapan pada agregat kasar, medium, abu batu, pasir dan filler, mendapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Analisis Gradasi Agregat Gabungan ACBC

No	Pengujian	CA (gr/cm ³)	MA (gr/cm ³)	FA (gr/cm ³)	FS (gr/cm ³)
1	Berat Jenis (<i>Bulk</i>)	2,59	2,47	2,49	2,84
2	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (<i>SSD</i>)	2,64	2,52	2,55	2,89
3	Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	2,72	2,60	2,67	3,00
4	Penyerapan (%)	0,02	0,02	0,03	0,02

Berdasarkan persyaratan umum yang digunakan sebagai pedoman, pada tabel 3 dapat dijelaskan bahwa agregat tersebut memenuhi persyaratan yang ditentukan dan layak digunakan sebagai campuran aspal. Syarat berat jenis minimum 2,5 gr/cm³, serta penyerapan tidak lebih dari 3% (Departemen Pekerjaan Umum, 1998).

3.4. Hasil Pengujian Bahan Pengisi (Filler)

Berdasarkan dari SNI 03-1968-1990 menyatakan bahwa filler adalah bahan berbutir kering dan halus yang lolos ayakan saringan No.200 sebesar 75% dari berat semulanya. Pada penelitian ini filler yang digunakan adalah abu kayu kulim yang disaring hingga lolos saringan No.200.

3.5. Penentuan Kadar Aspal Rencana (Pb)

Setelah hasil dari persentase gradasi agregat campuran didapatkan, maka selanjutnya ditentukan perkiraan awal kadar aspal tengah rancangan (Pb). Variasi kadar aspal yang digunakan sebanyak 5 variasi yang tiap masing-masing berbeda 0,5 % Untuk perhitungan perkiraan kadar aspal rencana awal (Pb) adalah sebagai berikut :

Persen agregat tertahan saringan No.8 (CA) = 58 %

Persen agregat lolos No.8 tertahan No.200 (FA) = 35 %

Persen agregat lolos saringan No.200 Konstanta = 7 %
 Konstanta (0,5-1) untuk lapisan aspal beton = 0,5

Maka,

$$\begin{aligned} P_b &= 0,035 (CA) + 0,045 (FA) + 0,18 (Filler) + \text{Konstanta} \\ P_b &= 0,035 (58) + 0,045 (35) + 0,18 (7) + 0,6 \\ &= 2,03 + 1,575 + 1,26 + 0,6 \\ &= 5,465 \text{ (dibulatkan ke 5,5)} \\ &= 5,5\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, didapat nilai perkiraan awal kadar aspal tengah (P_b) yaitu sebesar 5,5%. Sehingga dapat ditentukanlah untuk variasi kadar aspal campuran AC-BC dimulai dari 4,5 % ; 5 % ; 5,5 % ; 6 % ; dan 6,5 %.

3.6. Pembuatan Benda Uji

Setelah gradasi agregat, aspal penetrasi 60/70 dan abu Kayu kulim yang disiapkan telah memenuhi syarat, selanjutnya akan dibuat benda uji dengan dua tahapan yaitu :

1. Benda uji dengan aspal penetrasi 60/70 dalam campuran AC-BC dengan variasi kadar aspal sebesar 4,5% ; 5% ; 5,5% ; 6% dan 6,5%. Benda uji dibuat sebanyak 15 sampel, dimana setiap variasi kadar aspal dibuat 3 buah benda uji. Benda uji ini dibuat bertujuan untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO).
2. Dibuat Sampel dengan KAO terhadap campuran filler abu Kayu kulim dengan variasi kadar 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% filler abu Kayu kulim. Tiap variasi kadar filler abu Kayu kulim masing- masing dibuat benda uji sebanyak 3 buah, sehingga total benda uji yang dibuat sebanyak 15 buah benda uji terhadap kadar filler abu Kayu kulim. Setelah pembuatan benda uji, dilanjutkan pengujian Marshall.

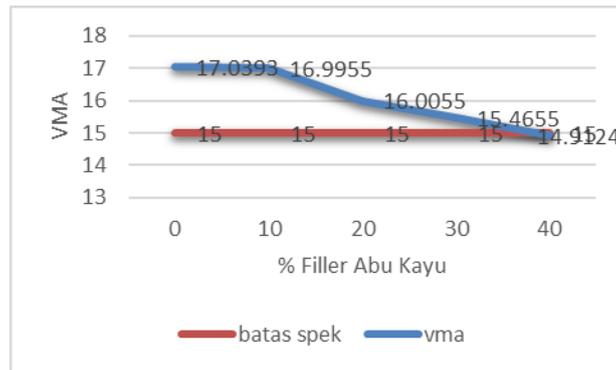
3.7. Hasil Pengujian Marshall

Tabel 4. Hasil Pengujian Marshall Campuran AC-BC

No	Parameter	Kadar Aspal (%)					Spek.
		4,5	5	5,5	6	6,5	
1	VMA (%)	21,399	22,39	17,516	20,695	17,575	Min 15
2	VFA (%)	46,568	49,063	73,705	65,781	83,885	Min 65
3	VIM (%)	11,434	11,405	4,606	3,491	6,403	Min 3
							Maks 5
4	Stabilitas (kg)	1980,85	2147,16	2535,82	3034,67	2984,78	Min 800
5	Flow (mm)	3,40	2,47	3,92	3,83	4,07	Min 2
							Maks 4

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa, nilai VMA dan Stabilitas pada kelima variasi kadar aspal telah memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018. Pada nilai VFA yang memenuhi standar spesifikasi yaitu pada kadar aspal 5,5% ; 6% dan 6,5%, namun pada kadar aspal 4,5% dan 5 % nilai VFA tidak memenuhi standar spesifikasi. Pada nilai VIM yang memenuhi standar spesifikasi yaitu pada kadar aspal 5,5% dan 6%, namun pada kadar aspal 4,5% ; 5% dan 6,5% tidak memenuhi standar spesifikasi. Pada nilai flow yang memenuhi standar spesifikasi yaitu pada kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5 % dan 6%, namun pada kadar aspal 6,5% tidak memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018.

Setelah menganalisa ke 15 benda uji aspal, selanjutnya menghitung nilai kadar aspal optimum (KAO) yang ditentukan dari 5 parameter Marshall yaitu nilai stabilitas, flow, VIM, VMA dan VFA. KAO merupakan pembagian antara nilai berbagai macam spesifikasi yang memenuhi antara penjumlahan batas kiri (a) dan batas kanan (b) lalu dibagi 2. Nilai kadar aspal optimum (KAO) dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Hubungan VMA dan Persentase Filler Abu kayu

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Aspal Optimum} &= (A+B)/2 \\
 &= (5,4+6,2)/2 \\
 &= 5,8 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 1 didapatkan nilai KAO yaitu 5,8%. Selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji dengan menggunakan filler abu Kayu kulim terhadap KAO. Benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 15 benda uji, dimana 3 benda uji untuk komposisi 100% filler abu batu, 3 benda uji untuk komposisi 90% filler abu batu + 10% filler abu Kayu kulim, 3 benda uji untuk komposisi 80% filler abu batu + 20% filler abu Kayu kulim, 3 benda uji untuk komposisi 70% filler abu batu + 30% filler abu Kayu kulim dan 3 benda uji untuk komposisi 60% filler abu batu + 40% filler abu Kayu kulim. Berikut hasil pengujian Marshall KAO + Persentase penambahan filler abu Kayu kulim sesuai standar peraturan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Marshall Campuran AC-BC dengan Filler Abu Kayu kulim Terhadap Kadar Aspal Optimum

No	Parameter	Persentase Penggantian Filler (%)					Spek
		0%	10%	20%	30%	40%	
1	VMA (%)	17,0393	16,9955	16,0055	15,4655	14,9124	Min 15
2	VFA (%)	76,8634	77,103	82,8478	86,2919	90,0782	Min 65
3	VIM (%)	3,942	3,89152	2,74531	2,12002	1,47958	Min 3,0 Maks 5,0
4	Stabilitas (kg)	1815,26	1863,76	1551,98	1420,34	1281,77	Min 800
5	Flow (mm)	3,20	3,87	4,03	4,27	4,70	Min 2 Maks 4

Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat bahwa penambahan abu kayu kulim hanya pada variasi 0% dan 10% yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018. Untuk nilai VFA dan Stabilitas semua variasi memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018. Terkhusus nilai VFA semakin besar campuran komposisi filler abu Kayu kulim yang digunakan, maka nilainya semakin besar. Pada Variasi 0% hingga 40% penggunaan abu kayu kulim, nilai VMA terus menurun tetapi masih memenuhi spek, tetapi pada variasi 40% Penggunaan Abu kayu kulim tidak memenuhi Persyaratan VMA Spesifikasi Bina Marga 2018. Pada Nilai VIM dan nilai flow untuk variasi 0% hingga 10% penggunaan abu kayu kulim saja yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018.

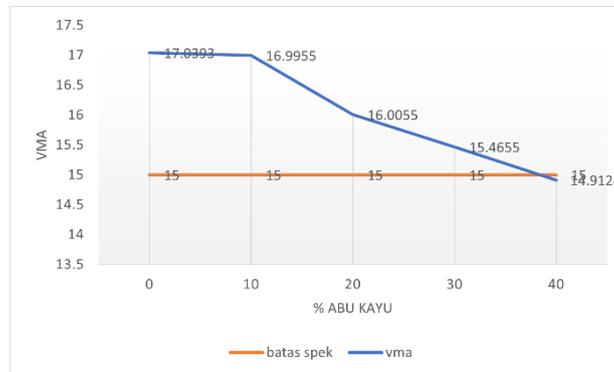
3.8. Analisis Data Marshall

Dari Hasil Pengujian Marshall dan Berat Jenis yang dilakukan pada campuran aspal dengan filler abu Kayu kulim, kemudian dilakukan perhitungan dan analisa karakteristik bertujuan untuk mendapatkan 5 parameter marshall, diantaranya, VMA, VFA, VIM, stabilitas, Dan kelelahan.

1. Rongga Dalam Mineral Agregat (Void in Mineral Agregate / VMA)

VMA (Void in Mineral Agregate) merupakan rongga udara yang ada diantara butir-butir agregat dalam campuran agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang merupakan persen volume rongga didalam agregat yang terisi oleh aspal, dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Nilai VMA tergantung pada ukuran mineral agregat, tekstur permukaan agregat, bentuk partikel agregat dan metode pemadatannya.

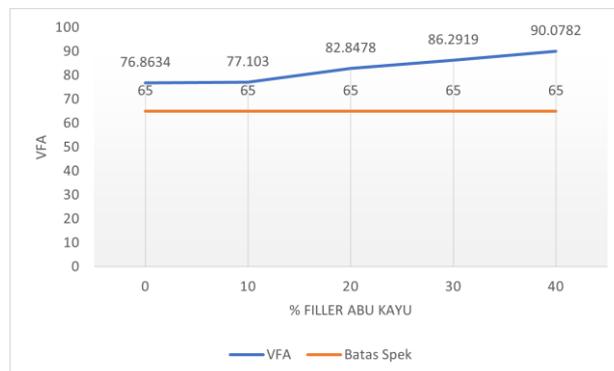
Nilai VMA pada komposisi filler abu kayu kulim yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,8% pada penelitian Marshall dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan VMA dan Persentase Filler Abu Kayu

2. Rongga Terisi Aspal (Void Filled with Asphalt / VFA)

VFA (Void Filled with Asphalt) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, tetapi tidak termasuk aspal yang diserap agregat. Untuk menghasilkan campuran perkerasan yang awet, maka rongga-rongga antara harus terisi aspal yang cukup untuk mendapatkan lapisan aspal yang baik. Nilai VFA pada komposisi filler abu Kayu kulim yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,8 % pada penelitian Marshall dapat dilihat pada Gambar 3.



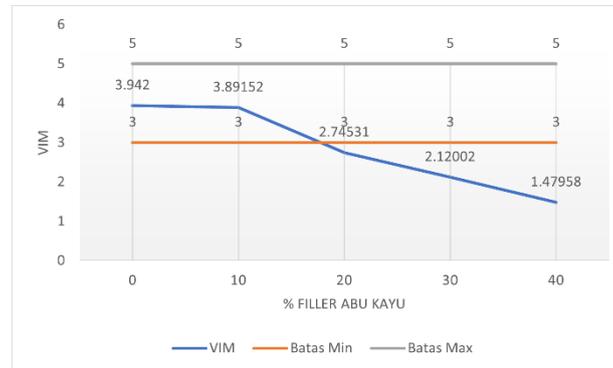
Gambar 3. Hubungan VFA dan Persentase Filler Abu Kayu

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penambahan komposisi filler abu Kayu kulim kedalam campuran aspal, maka nilai VFA semakin tinggi. Nilai VFA pada kadar aspal optimum untuk campuran diperoleh pada kadar filler 100% abu batu sebesar 76,863%, untuk 90% abu batu + 10% abu Kayu kulim sebesar 77,102%, untuk 80% abu batu + 20% abu Kayu kulim sebesar 82,847%, untuk 70% abu batu + 30% abu Kayu kulim sebesar 86,291% dan untuk 60% abu batu + 40% abu Kayu kulim sebesar 90,078%. Untuk semua variasi filler telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu nilai minimum VFA untuk campuran AC-BC adalah 65%.

Nilai VFA berpengaruh pada sifat kedekatan campuran terhadap air dan udara VFA juga menentukan stabilitas, fleksibilitas, durabilitas pada lapis perkerasan. Semakin tinggi nilai VFA maka semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi, namun bila nilai VFA terlalu tinggi maka akan menyebabkan terjadinya bleeding. Jika nilai VFA terlalu rendah akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapis film aspal akan menjadi tipis dan menjadi mudah retak bila menerima beban, sehingga menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama.

3. Rongga Dalam Campuran (Void In the Mix / VIM)

VIM (Void In the Mix) adalah persentase rongga yang terdapat dalam rongga campuran atau volume pori yang masih tersisa dalam campuran aspal beton dipadatkan. Nilai VIM pada komposisi filler abu Kayu kulim yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,8% pada penelitian Marshall dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan VIM dan Persentase Filler Abu Kayu

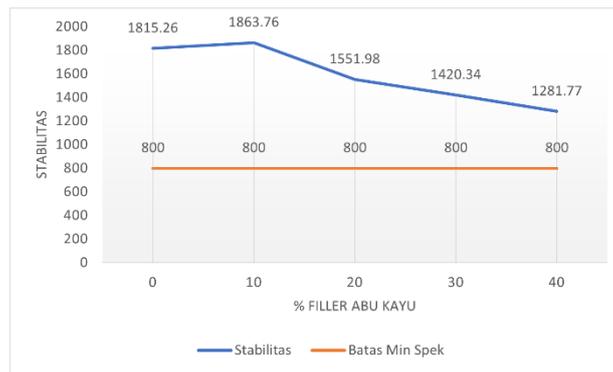
Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan komposisi filler abu Kayu kulim kedalam campuran aspal, maka nilai VIM semakin menurun. Untuk Nilai VIM, pada variasi campuran aspal 100% abu batu dan 90% abu batu + 10% abu kayu kulim saja yang memenuhi standar spesifikasi yang ditetapkan Bina Marga 2018, yaitu syarat minimum untuk nilai VIM pada campuran aspal AC-BC adalah 3% dan maksimumnya adalah 5%. Nilai VIM pada kadar aspal optimum untuk campuran dengan komposisi filler 100% abu batu sebesar 3,942%, untuk 90% abu batu + 10% abu Kayu kulim sebesar 3,891%, 80% abu batu + 20% abu Kayu kulim sebesar 2,745%, 70% abu batu + 30% abu Kayu kulim sebesar 2,120% dan untuk 70% abu batu + 30% abu Kayu kulim didapatkan nilai VIM sebesar 1,479%.

Nilai VIM merupakan ukuran yang umum dikaitkan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran perkerasan. Semakin tinggi nilai VIM maka menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porus dan hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran, maka menyebabkan lekatan antar butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran pada lapis perkerasan. Namun sebaliknya, semakin rendah nilai VIM maka mengakibatkan campuran aspal akan kedap terhadap air, sehingga udara tidak dapat masuk kedalam lapisan perkerasan menyebabkan perkerasan akan cepat mengalami kerusakan dan juga dapat mengakibatkan bleeding (aspal meleleh keluar) pada saat memikul beban lalu lintas.

4. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menerima beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (washboarding), alur (rutting) dan bleeding. Inti dari stabilitas ialah tahan terhadap geser atau kekuatan saling mengunci (interlocking) yang dipunyai bahan agregat dan lekatan yang disumbangkan oleh aspal. Stabilitas akan terjaga tetap tinggi bila mana agregat terkunci satu sama lain dengan baik. Stabilitas sangat dipengaruhi oleh kadar aspal. Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Namun penambahan aspal di atas batas maksimum, akan menurunkan nilai stabilitas sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan mudah retak.

Nilai Stabilitas pada komposisi filler abu Kayu kulim yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,8% pada penelitian Marshall dapat dilihat pada Gambar 5.



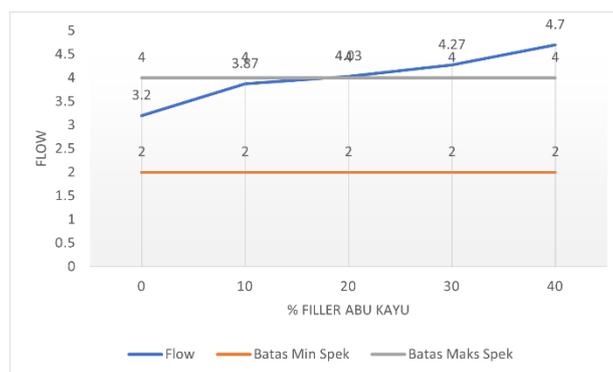
Gambar 5. Hubungan Stabilitas dan Persentase Filler Abu Kayu

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai Stabilitas cenderung mengalami peningkatan dan penurunan dengan bertambahnya komposisi filler abu Kayu kulim pada kadar yang berbeda. Nilai stabilitas tertinggi yaitu pada komposisi filler 90% abu batu + 10% abu Kayu kulim dan nilai stabilitas terendah terdapat pada komposisi filler 60% abu batu + 40% abu kayu kulim. Untuk nilai stabilitas semua variasi campuran aspal masih memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 dengan nilai satbilitas minimum yaitu 800 Kg untuk campuran aspal AC-BC.

Diperoleh nilai stabilitas terhadap kadar aspal optimum pada komposisi filler 100% abu batu sebesar 1815,261 Kg, 90% abu batu + 10% abu Kayu kulim sebesar 1863,761 Kg, 80% abu batu + 20% abu Kayu kulim sebesar 1551,979 Kg, 70% abu batu + 30% abu Kayu kulim sebesar 1420,338 Kg dan 60% abu batu + 40% abu Kayu kulim sebesar 1281,768 Kg. Nilai Stabilitas yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan lapisan perkerasan terlalu kaku dan akan mudah terjadi retak pada waktu menerima beban lalu lintas sehingga tingkat keawetannya berkurang. Namun bila nilai stabilitas terlalu rendah akan mudah mengalami rutting oleh beban lalu lintas atau terjadi deformasi.

5. Kelelahan

Kelelahan (Flow) adalah keadaan perubahan bentuk campuran yang terjadi akibat pembebanan sampai batas runtuh, sehingga stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Ketahanan terhadap kelelahan (flow) merupakan kemampuan aspal beton menerima lendutan berulang akibat repetisi beban. Nilai Flow dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Nilai Flow pada komposisi filler abu Kayu kulim yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,8% pada penelitian Marshall dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Flow dan Persentase Filler Abu Kayu

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai Flow cenderung mengalami peningkatan dengan bertambahnya komposisi filler abu Kayu kulim pada kadar yang berbeda. Nilai flow tertinggi yaitu pada komposisi filler 90% abu batu + 10% abu Kayu kulim dan nilai flow terendah terdapat pada komposisi filler 60% abu batu + 40% abu Kayu kulim. Pada nilai flow hanya pada komposisi filler 100% abu batu dan 90% abu batu + 10% abu Kayu kulim yang memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 dengan nilai flow minimum adalah 2 mm dan maksimumnya adalah 4 mm untuk campuran aspal AC-BC.

Diperoleh nilai flow terhadap kadar aspal optimum pada komposisi filler 100% abu batu sebesar 3,57 mm, 90% abu batu + 10% abu Kayu kulim sebesar 3,87 mm, 80% abu batu + 20% abu Kayu kulim sebesar 4,03 mm, 70% abu batu + 30% abu Kayu kulim sebesar 4,27 mm dan 60% abu batu + 40% abu Kayu kulim didapatkan nilai Flow sebesar 4,70 mm. Campuran yang memiliki

angka flow rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku. Namun bila campuran yang memiliki nilai flow tinggi dengan stabilitas rendah cenderung bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk apabila mengalami pembebanan lalu lintas.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa pada variasi kadar aspal dengan persentase 4,5% ; 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5%, maka didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) yang diperoleh pada campuran AC-BC yaitu 5,8%. Hasil penelitian dari karakteristik Marshall pada campuran AC-BC terhadap pengaruh penggunaan filler abu kayu kulim 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% yaitu semakin besar campuran komposisi filler abu kayu kulim, maka nilai VMA dan VIM semakin rendah, sedangkan pada nilai VFA semakin tinggi. Untuk nilai VMA, VFA dan Stabilitas masih memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018. Pada nilai VIM dan flow mengalami kenaikan dan penurunan pada setiap variasi abu kayu kulim yang dicampurkan. Untuk nilai stabilitas pada variasi 0% dan 10% campuran abu kayu kulim, mengalami kenaikan dari 1815,261 Kg – 1863,761 Kg, namun pada variasi 20% hingga 40% mengalami penurunan dari 1551,979 kg – 1281,768 Kg tetapi masih di atas batas persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu minimum 800 Kg. Pada nilai flow pada variasi 0% dan 10% mengalami kenaikan dari 3,57 mm – 3,87 mm, namun pada variasi 20% hingga 40% juga mengalami kenaikan yang melawati batas maksimum Spesifikasi Bina Marga 2018 dari 4,03 mm – 4,70 mm yang mana batas spesifikasi Bina Marga 2018 untuk campuran aspal AC-BC yaitu minimum 2 mm dan maksimum 4 mm. Pada semua komposisi filler abu kayu kulim yang digunakan, hanya pada variasi 0% dan 10% abu kayu kulim yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Sedangkan untuk komposisi maksimum dari campuran filler abu kayu kulim didapat pada variasi 10% abu kayu kulim dengan nilai VMA sebesar 16,995%, VIM sebesar 3,891%, VFA sebesar 77,102%, Stabilitas sebesar 1863,761 Kg dan Flow 3,87 mm.

REFERENSI

- Bina Marga, 2018. Spesifikasi Umum 2018. Jakarta: BSNI.
- Baiquni, I.M., Hidayat, A. & Herianto., (2019). Pengaruh Filler Mortar Terhadap Campuran Aspal Beton. *Akselerasi*, pp. 16-23.
- Bitu G. Laswar., (2019). Studi Karakteristik Beton Aspal (AC-BC) Dengan Memanfaatkan Hasil Pembakaran Kulit Kerang Kima (*Kima Crecea*) Sebagai Filler. *Jurnal Media Inovasi*, pp.165-172
- Cahya C. Y., M. Saleh, S., & Anggraini, R. (2018). Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu sebagai Substitusi filler pada campuran laston lapis aus. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(4), pp. 61-68.
- Muslimin., Imananto I E., Munasih (2022). Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Jati Sebagai Material Pengisi Pada Campuran ATB Ditinjau Dari Uji Marshall. *Jurnal Sondir*, pp. 38-45
- 03-1968-1990, 1990. Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar. Jakarta: BSNI.
- 03-1970-1990, 1990. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan air agregat halus. Bandung : BSNI.
- SNI 06-2489-1991, 1991. Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall. Jakarta : BSNI
- Sukirman, S. (1999). Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur. In *Institut Teknologi Nasional, Bandung* (Vol. 53, Issue 9).
- Tinambunan, A., & Alfian Malik, M. S. (2020). Analisa Kinerja Campuran AC-WC dengan Pemanfaatan Kombinasi Limbah Abu. *Jurnal Saintek STT Pekanbaru*, pp. 70-80.