

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KAYU JATI TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL PORUS

Hendi Bowoputro, Ludfi Djakfar, Rahayu Kusumaningrum,
Avista Candra Dewi S, Ristradianti Dwi A

Jurusan Teknik Sipil / Universitas Brawijaya

E-mail: bowopu94@yahoo.com

ABSTRAK

Aspal merupakan material yang digunakan pada pekerjaan perkerasan lentur jalan. Genangan air yang sering terjadi terutama setelah hujan bisa menjadi masalah terhadap ketahanan aspal. Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mencegah permasalahan ini adalah penggunaan aspal porus untuk digunakan dalam pekerjaan perkerasan jalan. Aspal porus adalah campuran yang memiliki gradasi agregat kasar lebih banyak dibandingkan dengan agregat halus. Penelitian ini membahas mengenai pengaruh penambahan serbuk kayu jati terhadap nilai Marshall yang ada pada campuran aspal porus. Penggunaan serbuk kayu jati ini juga dapat mengurangi jumlah limbah serbuk kayu yang ada. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah variasi kadar serbuk kayu jati dan variasi suhu perendaman. Variasi kadar serbuk kayu jati sebesar 4%, 5% dan 6% sedangkan variasi suhu perendaman 45°C, 60°C dan 75°C. Jumlah benda uji untuk mencari KAO yang dibuat sebanyak 9 buah benda uji. Benda uji Marshall Immersion sebanyak 9 buah benda uji. Penelitian ini menggunakan metode analisis ANOVA Dua Arah. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh dari penambahan serbuk kayu jati terhadap nilai Marshall pada campuran aspal porus.

Kata kunci: Aspal Porus, Standar Gradasi British, Karakteristik Marshall, Permeabilitas, Serbuk Kayu Jati, Suhu Waterbath

1. PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan yang timbul dari perkerasan aspal pada umumnya adalah terjadinya aquaplaning yang dapat menyebabkan jalan menjadi licin. Ketika curah hujan tinggi dan jalan raya tidak didukung dengan sistem drainase yang baik, maka jalan rayabisa tergenang air bahkan terjadi banjir. Aspal Porus memiliki gradasi seragam dengan agregat halus yang rendah sehingga terdapat rongga-rongga pada campuran aspal. Rongga-rongga inilah yang dapat membuat permukaan jalan lebih kasar sehingga jalan tidak akan menjadilicin terutama ketika terjadi musim hujan. Aspal porus memiliki sifat drainase ganda, yaitu air akan mengalir melalui permukaan aspal dan lapisan pori campuran aspal tersebut. Air akan lebih leluasa masuk ke dalam pori-pori lapisan permukaan jalan raya sehingga

tidak menimbulkan genangan yang dapat membuat jalan raya menjadi licin. Sehingga, ketika perkerasan jalan menggunakan aspal porus, genangan air akibat hujan akan segera mengalir baik secara horisontal maupun vertikal melalui pori-pori aspal. Dalam upaya meningkatkan stabilitas kinerja perkerasan jalan, maka diperlukan adanya material tambahan yang akan digunakan dalam pencampuran aspal porus. Pada penelitian ini, penggunaan material serbuk kayu jati akan ditambahkan. Penelitian ini akan membandingkan antara aspal porus dan aspal porus dengan serbuk kayu jati.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Agregat

Agregat adalah material yang bersifat keras dan anorganik terdiri dari pasir, gravel, batu pecah dan material lain dari

bahan mineral alami atau buatan. Material agregat yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan berfungsi untuk menahan beban lalu lintas. Agar dapat digunakan sebagai campuran aspal, agregat harus lolos dari berbagai uji yang telah ditentukan. Banyaknya agregat dalam campuran aspal pada umumnya berkisar antara 90% hingga 95% terhadap total berat campuran atau 70% hingga 85% terhadap volume campuran aspal (Wahyudi, 2010).

Jenis-jenis agregat dibedakan menjadi tiga berdasarkan sumber dari cara mendapatkan agregat tersebut, diantaranya:

1. Agregat Alam (*Natural Aggregates*)

Sesuai dengan namanya, agregat alam adalah agregat yang didapatkan dari alam. Agregat alam yang biasa digunakan untuk campuran perkerasan jalan adalah pasir dan batu kerikil.

2. Agregat yang telah diproses

Agregat yang telah diproses didapatkan dari eksplorasi agregat alam yang kemudian dipecah dan disaring terlebih dahulu sebelum digunakan.

3. Agregat Buatan

Agregat buatan adalah agregat dari hasil proses kimia dan fisika sehingga membentuk mineral baru yang meyerupai agregat.

2.2 Aspal

Aspal sebagai pengikat (binder) adalah material alami yang berwarna hitam kecoklatan. Jika aspal dipanaskan pada suhu tertentu maka dapat menjadi cair sehingga dapat dicampurkan dengan agregat. Namun jika aspal didinginkan maka akan menjadi padat atau mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (bersifat Termopolis). Banyaknya aspal pada campuran perkerasan berkisar antara 4 hingga 10% dari berat campuran, atau 10 hingga 15% dari volume campuran.

2.3 Kayu Jati

Sifat-sifat kayu jati secara lengkap dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut ini:

Tabel 1. Sifat-sifat kayu jati

No.	Sifat	Satuan	Nilai
1	Berat jenis	Kg/cm ³	0,62-0,75 (rata-rata 0,67)
2	Tegangan pada batas proporsi	Kg/cm ³	718
3	Tegangan pada batas patah	Kg/cm ³	1031
4	Modulus elastisitas	Kg/cm ³	127700
5	Tegangan tekan sejajar serat	Kg/cm ³	550
6	Tegangan geser arah radial	Kg/cm ³	80
7	Tegangan geser arah tangensial	Kg/cm ³	89
8	Kadar selulosa	%	47,5
9	Kadar lignin	%	29,9
10	Kadar pentose	%	14,4
11	Kadar abu	%	1,4
12	Kadar silica	%	0,4
13	Serabut	%	66,3
14	Kelarutan dalam alcohol bensena	%	4,6
15	Kelarutan dalam air dingin	%	1,2
16	Kelarutan dalam air panas	%	11,1
17	Kelarutan dalam NaOH 1 %	%	19,8
18	Kadar air saat titik jenuh serat	%	28
19	Nilai kalor	Cal/gram	5081
20	Kerapatan	Cal/gram	0,44

2.4 Aspal Porus

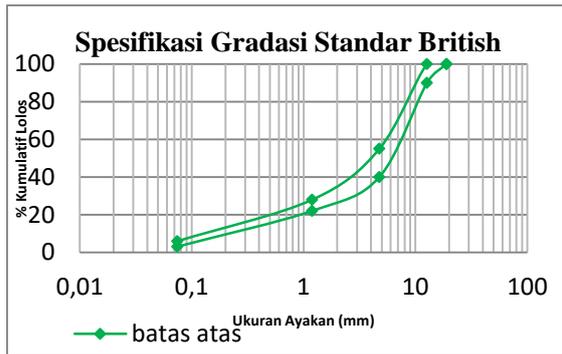
Campuran Aspal Porus merupakan campuran generasi baru dalam perkerasan lentur, yang memperbolehkan air meresap ke dalam lapisan atas (*wearing course*). Dengan meresapnya air maka bisa langsung meresap dan mengalirkannya ke dalam tanah dan menjadi air tanah.

Gradasi agregat aspal porus standart British dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan spesifikasi gradasi agregat aspal porus menggunakan Standar British dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 2. Gradasi agregat Standar British

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos	
	Batas Atas	Batas Bawah
19,000	100	100
12,700	100	100
9,530	100	90
6,350	55	40
2,380	28	22
0,074	6	3

Sumber: Takahasi, 1999



Gambar 1. Spesifikasi gradasi agregat aspal porus menggunakan Standar British

2.5 Pengujian Marshall

2.5.1 Rongga di antara mineral agregat (Void in the Mineral Agregat/VMA)

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga di antara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat).

VMA dihitung berdasarkan berat jenis bulk (G_{sb}) agregat dan dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total.

1. Terhadap Berat Campuran Total

$$VMA = 100 - \left(\frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 + P_b} \times 100 \right)$$

2. Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = 100 - \left(\frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 + P_b} \times 100 \right)$$

2.5.2 Rongga di dalam campuran (Void In The Compacted Mixture/ VIM)

Rongga udara di dalam campuran (VIM) yang ada pada campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti oleh aspal.

$$VIM = 100 \times \left(\frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right)$$

2.5.3 Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh dari nilai yang ditunjukkan oleh jarum dial pada alat uji. Nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat Marshall.

2.5.4 Kelelahan (Flow)

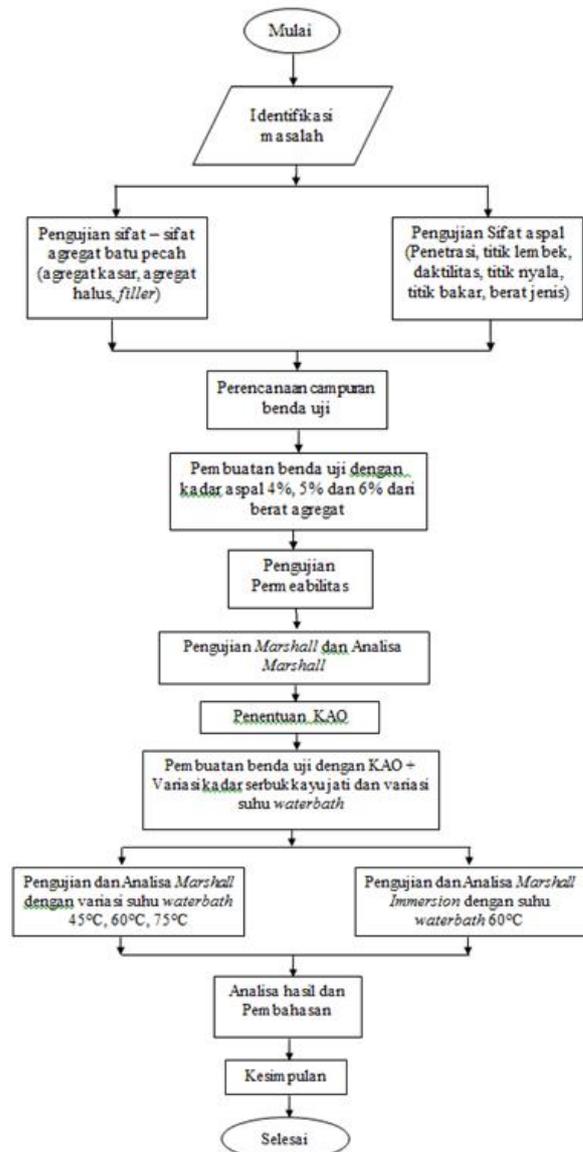
Nilai flow diperoleh dari nilai yang ditunjukkan oleh jarum dial. Nilai yang ditunjukkan pada jarum dial tidak perlu dikonversikan terhadap alat Marshall karena satuannya nilainya sudah dalam millimeter (mm).

2.5.5 Hasil Bagi Marshall (MQ)

Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan.

$$MQ = \frac{MQ}{Mf}$$

3. METODE PENELITIAN



Gambar 2. Diagram alir penelitian

4. PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan kadar aspal optimum berfungsi untuk menetapkan besarnya kadar aspal efektif dalam campuran yang diperlukan untuk pembuatan benda uji baru dengan komposisi agregat sama tetapi dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan. Pada umumnya kadar aspal optimum didapat dari nilai VMA, VIM, stabilitas, *flow*, dan MQ yang memenuhi syarat standar untuk campuran. Berdasarkan dari spesifikasi Australia tidak ada batasan terhadap nilai VMA sehingga dalam menentukan besarnya kadar aspal optimum hanya memperhitungkan VIM, stabilitas, *flow*, dan MQ.

a. Perhitungan VIM

$$y = 1.486x^2 - 16.921x + 66.475 \quad (1)$$

b. Perhitungan stabilitas

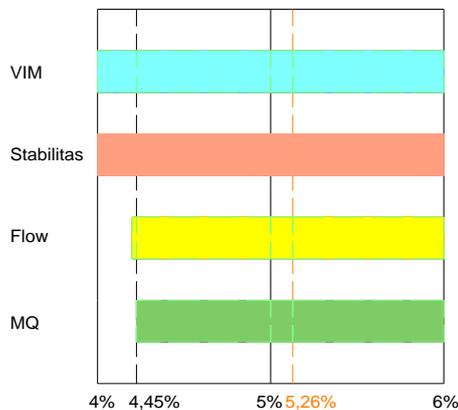
$$y = -46.289x^2 + 46.286x - 449.96 \quad (2)$$

c. Perhitungan *flow*

$$y = -0.425x^2 + 5.2083x - 12.657 \quad (3)$$

d. Perhitungan MQ

$$y = 37.731x^2 - 507.06x + 1899.5 \quad (4)$$



Gambar 3. Grafik pita campuran aspal porus standar British

Berdasarkan grafik pita pada **Gambar 3** didapatkan kadar aspal memenuhi pada rentang 4,45% sampai 6% sehingga diperoleh kadar aspal optimum pada kadar aspal 5,26%. Nilai kadar aspal optimum tersebut menjadi nilai x pada persamaan 1

s.d 4. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil nilai karakteristik Marshall British dengan KAO 5,26%

Karakteristik	Persyaratan British	KAO=5,26%	Keterangan
VIM	18% - 25%	18,585	Memenuhi
Stabilitas	>500 kg	703,978	Memenuhi
<i>Flow</i>	2 - 6 mm	2,98	Memenuhi
MQ	<400 kg/mm	276,291	Memenuhi

4.2 Uji Permeabilitas dengan Variasi Kadar Serbuk Kayu dan Variasi Suhu *Waterbath*

Uji Permeabilitas yang digunakan dalam percobaan disini adalah dengan cara mengalirkan air dari selang dengan tinggi 151cm dan diameter 1 inci lalu hitung waktu sesuai dengan pergerakan air yang mengalir dari atas sampai bawah. Berikut ini hasil pengujian permeabilitas benda uji dengan KAO yang ditambahkan dengan variasi kadar serbuk kayu jati seperti pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Debit rata-rata

Suhu <i>Waterbath</i>	Kadar Serbuk Kayu Jati	Debit	Debit Rata-Rata
60°C	4%	584,093	382,4552
		306,602	
		256,671	
	5%	517,521	475,7448
		399,804	
		509,910	
6%	352,507	317,8164	
	268,411		
		332,531	

4.3 Analisis Pengaruh Serbuk Kayu dan Variasi Suhu Terhadap Karakteristik Marshall

Untuk pembuatan benda uji dengan campuran serbuk kayu jati digunakan campuran antara kadar aspal optimum (KAO) dan variasi kadar kayu jati sebesar

4%, 5% dan 6%. Dalam pembuatan benda uji ini digunakan KAO karena variasi kadar kayu yang ditentukan tidak terlalu signifikan perbedaannya, sehingga KAO masih berlaku untuk digunakan.

Dari hasil pengujian untuk nilai stabilitas pada hasil uji *Marshall* menunjukkan bahwa semakin rendah suhu *waterbath*, maka nilai stabilitas benda uji semakin banyak yang memenuhi. Untuk nilai *flow* menunjukkan bahwa semakin rendah suhu *waterbath*, maka nilai *flow* benda uji semakin banyak yang memenuhi. Untuk nilai MQ menunjukkan bahwa semakin rendah suhu *waterbath*, nilai MQ semakin banyak yang tidak terpenuhi. Sedangkan nilai VIM dengan variabel suhu *waterbath* hampir tidak memenuhi seluruh benda uji.

Tabel 5. Rekap hasil karakteristik Marshall pada kadar serbuk jati optimum 4,455%

Karakteristik	Persyaratan British	Kadar Serbuk Kayu Jati Optimum = 4,455%	Keterangan
VIM	18% - 25%	-	Tidak Memenuhi
Stabilitas	>500 kg	940,551	Memenuhi
Flow	2 - 6 mm	2,763	Memenuhi
MQ	<400 kg/mm	325,573	Memenuhi

Tabel 6. Rekap hasil karakteristik Marshall pada kadar serbuk jati optimum 5,55%

Karakteristik	Persyaratan British	Kadar Serbuk Kayu Jati Optimum = 5,55%	Keterangan
VIM	18% - 25%	18,4	Memenuhi
Stabilitas	>500 kg	529,024	Memenuhi
Flow	2 - 6 mm	3,471	Memenuhi
MQ	<400 kg/mm	129,566	Memenuhi

4.4 Pengaruh Suhu Waterbath pada benda uji dengan variasi kadar serbuk kayu

Berdasarkan hasil pengujian, nilai-nilai karakteristik *Marshall* kemudian diplotkan ke dalam grafik dan diregresi sehingga akan diketahui perpotongan antara garis regresi dengan garis batas. Perpotongan tersebut menjadi batas untuk karakteristik *Marshall* untuk kadar serbuk kayu jati memasuki syarat suhu *waterbath* jati yang sudah ditentukan, yaitu 45°C hingga 75°C.

Jati 4%

Dari hasil pengeplotan diperoleh nilai *flow* dan MQ sudah memenuhi syarat yang sudah ditentukan, yaitu 45°C hingga 60°C. Untuk nilai VIM hanya memenuhi dari 45,418 °C hingga 53,315 °C, sedangkan untuk nilai stabilitas hanya memenuhi 45 °C hingga 74,488 °C saja.

4.5 Analisis Statistik Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Jati dan Variasi Suhu Waterbath Terhadap Karakteristik Marshall

Setelah dilakukan uji Marshall maka dilakukan analisis dengan ANOVA dua arah. Pada penelitian ini digunakan analisis ANOVA dua arah karena hasil penelitian menunjukkan lebih dari dua karakteristik yang akan dianalisa.

Tabel 7. Anova KAO dengan KAO + serbuk kayu jati

	Kadar Aspal 5% dan 6%	KAO + Serbuk Kayu Jati	Syarat Batas α	Keterangan
VIM	0,592	0,087	<0,05	Tidak Berpengaruh
Stabilitas	0,201	0,28	<0,05	Tidak Berpengaruh
Flow	0,658	0,65	<0,05	Tidak Berpengaruh
MQ	0,59	0,221	<0,05	Tidak Berpengaruh

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Variasi penambahan kadar serbuk kayu pada aspal porus dengan standar British tidak mempengaruhi nilai Marshall VIM, stabilitas, flow,

- dan MQ.
2. Tidak didapatkan kadar serbuk kayu optimum pada suhu 45°C karena pada suhu ini tidak semua nilai karakteristik Marshall memenuhi, sedangkan kadar serbuk kayu jati optimum suhu 60°C adalah 4,488%, dan suhu 75°C adalah 5,55%.
 3. Variasi penambahan suhu waterbath pada kadar serbuk kayu jati pada aspal porus dengan standar British tidak mempengaruhi nilai Marshall VIM, stabilitas, flow, dan MQ.

5.2 Saran

1. Tidak perlu dilakukan penelitian lebih lanjut karena serbuk kayu jati tidak berpengaruh dengan karakteristik Marshall pada campuran aspal porus.
2. Perlu dilakukan pengujian di lapangan untuk mendapatkan hasil yang realistis.
3. Pada penelitian selanjutnya perlu dicari nilai kadar aspal optimum (KAO) ketika aspal sudah dicampur dengan serbuk kayu jati. Karena pada penelitian ini KAO didapat sebelum aspal dicampur dengan serbuk kayu jati.
4. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai reaksi kimia yang terjadi antara campuran aspal dengan penambahan serbuk kayu jati.
5. Pada penelitian ini tidak mencari ikatan kimia, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari bagaimana pengaruh ikatan kimia serbuk kayu jati dengan aspal.
6. Perlu penelitian lebih lanjut dengan penggunaan material atau penambahan additive lain yang dapat meningkatkan stabilitas.
7. Perlu pemeriksaan alat yang digunakan agar benda uji yang dihasilkan lebih baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1976. "Manual Pemeriksaan Bahan". Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga.
- Australian Asphalt Pavement Association. 2004. National Asphalt Specification.
- Basuki, Rachmad dan Machsus. 2007. Penambahan Gilsonite Resin pada Aspal Prima 55 untuk meningkatkan Kualitas Perkerasan Hotmix. Jurnal Aplikasi. 3, (1), 16 – 27.
- Bina Marga. 2006. Spesifikasi Umum Campuran Berbutir Panas.
- Bruce. K.F. 2005. Porous Pavement. CRC PRESS. United States of America
- Febriani, D dan Mauitya D. 2013. Serbuk Gergaji Kayu Jati. Jurnal Aplikasi. 2, (1), 1 – 3.
- Krebs, R.D dan Walker, R.D. 1971. Highway Materials. McGraw-Hill Book Company. New York, USA.
- Ramadhan,N dan Burhan, R.R. 2014. Pengaruh Penambahan Additive Gilsonite HMA Modifield Grade Terhadap Kinerja Aspal Porus. Malang : Universitas Brawijaya. Skripsi.
- Sarwono, D dan Astuti K. W . 2007. "Pengukuran Sifat Permeabilitas Campuran Porous Asphalt". Media Teknik Sipil.
- Setyawan. A dan Sanusi. 2008. "Observasi Properties Aspal Porus Berbagai Gradasi Dengan Material Lokal". Media Teknik Sipil.
- Sujono. E. R. 2012. "Pengaruh Daya Dukung dan Permeabilitas Akibat Variasi Gradasi Agregat Lapisan Pondasi Porous Pavement". Malang.
- Susanto.A dan Sukma, P.R. 2016. Pengaruh Limbah Beton dan Marmer Pada Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Tambahan Gilsonite. Malang : Universitas Brawijaya. Skripsi.
- Suprpto, T.M. 2004. Bahan Dan Struktur Jalan Raya. Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- The Asphalt Institute. 1984. Mix Design Methods for Asphalt Concrete and other Hot Mix Types, Manual Series No 2 (MS-2). 1 st Edition, Lexington, Kentucky, USA.
- Yamin. M. 2001. "Modifikasi Marshall Dalam Perencanaan Campuran Porus Aspal Untuk Cement Treated Asphalt Mixture (CTAM)". Bali