

BANDINGAN ABU SEKAM PADI DAN ABU KAPUR PADA CAMPURAN LATASTON PERKERSAN JALAN

Rizal Maulana¹⁾, Asep Kurnia²⁾, Empung³⁾

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Siliwangi

e-mail: rizalmaulana@student.unsil.ac.id¹

Abstrak

Indonesia sebagai negara berkembang memiliki laju pertumbuhan yang cukup pesat, seiring laju pertumbuhan tersebut, maka peran transportasi sangatlah penting. Sarana dan prasarana yang memadai sangat diperlukan agar transportasi berjalan lancar. Oleh karena itu, peranan suatu jalan termasuk penting untuk menunjang aktivitas sosial dan perekonomian suatu daerah. Jalan yang aman, nyaman, kuat dan ekonomis akan mempermudah manusia dalam pergerakannya.

Dalam penelitian ini, abu sekam padi dan abu kapur digunakan sebagai pengganti sebagian bahan pengisi pada agregat, sedangkan aspal yang digunakan aspal AC ESSO Pen 60/70. Karakteristik dari aspal dan agregat diketahui melalui pengujian-pengujian standar campuran beraspal panas di Indonesia, sedangkan kinerja campuran diperoleh dari pengujian Marshall. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan hasil pengujian Marshall antara 2% abu sekam padi dan 2% abu kapur dengan variasi campuran kadar aspal antara 6,5% - 8,5%.

Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan kadar aspal optimum adalah 6,75% untuk 2% abu sekam padi dan kadar aspal optimum 6,8% untuk 2% abu kapur. Sedangkan hasil perbandingan penambahan sebagian *filler* dengan 2% abu kapur lebih baik daripada penambahan dengan 2% abu sekam padi.

Kata Kunci : Abu Sekam Padi , Abu Kapur, AC ESSO Pen 60/70, Bahan Pengisi, Lataston, Uji Marshall

Abstract

Indonesia as a developing country has a fairly rapid growth rate, along with the rate of growth, therefore transportation currently has a very important role. In order to make transportation run easily, adequate facilities and infrastructure are needed. So now the road takes a part as an important role to support the social and economic activities of a region. Roads that are safe, comfortable, strong and economical will make it easier for people to carry out various activities.

In this research , the ash of paddy chaff and lime ash used as substitute partial filler on aggregate, whereas asphalt used ESSO Pen AC asphalt 60/70. The characteristics of asphalt and aggregate are known through standard tests of hot asphalt mixtures from Indonesia, while mixed performance is obtained from Marshall test. The purpose of this research is to compare the result of 2% the ash of paddy chaff and 2% lime ash which used as filler with variatif asphalt content between 6.5%-8.5%.

The results of this research is the optimum asphalt is 6.75% for 2% the ash of paddy chaff and optimum 6.8% for 2 % lime ash. Meanwhile, the comparative result of partial filler additions with 2% lime ash are better than 2% the ash of paddy chaff.

Keywords: *The ash of paddy chaff, Lime ash, Filler, AC ESSO Pen 60/70, Lataston, Marshall test*

I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara berkembang memiliki laju pertumbuhan yang cukup pesat. Dan seiring laju pertumbuhan tersebut, maka peran transportasi sangatlah penting. Agar transportasi berjalan dengan lancar diperlukan sarana dan prasarana yang memadai. Maka peranan suatu jalan termasuk penting untuk menunjang aktivitas social dan perekonomian suatu daerah. Jalan yang aman, nyaman, kuat dan ekonomis akan mempermudah manusia dalam pergerakannya.

Aspal sejak dahulu hingga sekarang masih dan kelihatannya akan tetap dianggap sebagai bagian tidak terpisahkan dari kontruksi perkerasan jalan.[1] Untuk bahan pengisi biasanya menggunakan abu batu, semen Portland, debu dolomite, abu terbang atau debu tanur tinggi. Ada juga pengganti sebagian pengisi yaitu dengan Pasir Silika dan Mortar. Disini penulis menggunakan Abu Sekam Padi untuk sebagian pengisi pada campuran Lataston untuk perkerasan jalan.

Penelitian ini dimaksud untuk menambah pemanfaatan abu sekam padi dan abu kapur sebagai bahan pengisi perkerasan jalan. Dan mengetahui perbandingan bahan pengisi terbaik antara abu sekam padi dan abu kapur.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Melakukan uji perbandingan abu sekam padi dan abu kapur pada campuran lataston untuk perkerasan jalan.
2. Menghitung nilai rongga dalam campuran (VIM).
3. Menghitung nilai rongga dalam agregat (VMA).
4. Menghitung nilai rongga terisi aspal (VFA).
5. Menghitung nilai stabilitas.
6. Menghitung nilai kelelahan (*Flow*).
7. Dan menghitung nilai hasil bagi *Marshall* (MQ).
8. Menghitung kadar aspal optimum yang digunakan pada lapis tipis aspal beton dengan menggunakan sebagian *filler* dengan abu sekam padi dan abu kapur dengan jenis aspal ESSO pen 60/70.

Sebagai batasan masalah dalam penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Agregat yang digunakan agregat kasar dan agregat halus digunakan sebagai bahan campuran aspal beton yang memenuhi syarat SNI dan standar-standar lainnya yang selama ini dianut Bina Marga.
2. Penggunaan abu sekam padi dan abu kapur sebagai pengganti sebagian *filler*, tanpa ada tidak lanjut secara kimia.

3. Jenis aspal yang digunakan adalah ESSO pen 60/70 yang memenuhi syarat SNI dan standar-standar lainnya yang selama ini dianut Bina Marga.
4. Penelitian yang dilakukan hanya bersifat skala laboratorium saja, sedangkan analisa ekonomi dan analisa kimia tidak diperhitungkan dalam penelitian ini.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mencari alternatif bahan yang akan digunakan sebagai bahan pengisi/*filler* yang diharapkan lebih efisien pada campuran aspal.
2. Sebagai referensi dalam merancang campuran lataston yang menggunakan aspal ESSO pen 60/70.
3. Pemanfaatan yang baik antara abu sekam padi dan abu kapur sebagai bahan pengisi/*filler* pada perkerasan jalan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah penelitian laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Rekayasa Jalan dan Lalu Lintas, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung. Laboratorium Rekayasa Jalan dan Lalu Lintas, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB [2], Jalan Ganesa 10 Bandung, Indonesia. Pengujian di Laboratorium dimaksud untuk mendapatkan sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan pada penelitian ini dan sekaligus memilih bahan yang memenuhi persyaratan teknik yang diperlukan.

Bahan

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

1. Agregat Kasar dan Agregat Halus
2. Bahan Pengisi (*filler*), Abu Sekam Padi dan Abu Kapur
3. Aspal ESSO Pen 60/70

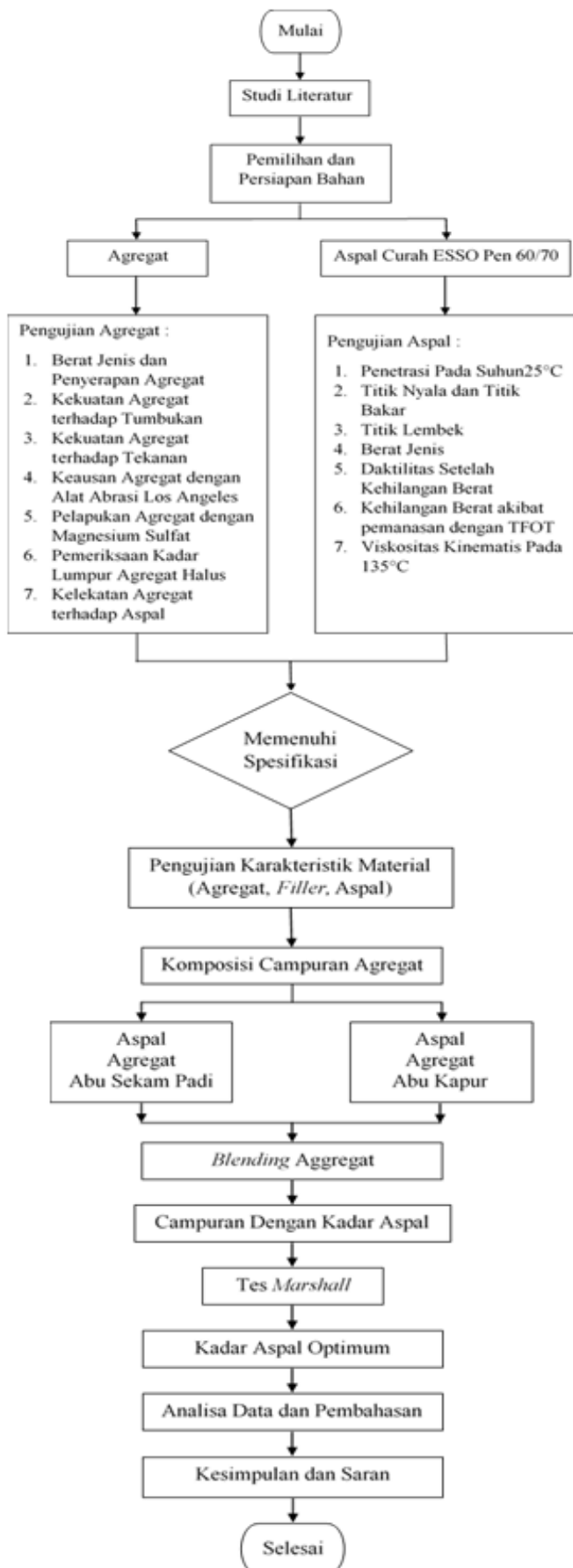
Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Saringan satu set
2. Alat uji *Marshall*
3. Alat Uji pemeriksaan aspal
4. Alat Uji pemeriksaan agregat

Bagan Alur Penelitian

Bagan alur penelitian untuk penelitian studi parameter marshall pada beton aspal campuran panas (lataston) dengan berbagai alat uji digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data

Hasil Pengujian Agregat

Pemeriksaan Agregat sesuai dengan spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI) serta standar lainnya, oleh karena itu pemeriksaan agregat dilakukan sesuai karakteristik pengujian agregat yang dipergunakan sebagai bahan beton aspal campuran panas (lataston).

Tabel 1. Standar Nasional Indonesia (SNI) Pengujian Agregat Lataston

No	Pengujian	Metode Uji	Persyaratan		Hasil uji Agregat	Sat
			Min	Max		
Agregat Kasar						
1.	Berat Jenis dan penyerapan Agregat	SNI 03-1969-1990/AS TM C 127-84	-	-	2,3198	gram
2.	Kekuatan agregat terhadap tumbukan (<i>Aggregate Impact value</i>)	BS 812-75 : part 3 : 1975	-	30	14,14	%
3.	Kekuatan agregat terhadap tekanan (<i>Aggregate Crushing Value</i>)	BS 812-75 : part 3 : 1975	-	30	26,56	%
4.	Keausan agregat dengan alat Abrasi Los Angeles (<i>Los Angeles Abrasion Test</i>)	SK SNI 03-2417-1991 atau ASTM C 131-76	-	40	27,117	%
5.	Kelekatan agregat terhadap aspal (<i>Affinity For Bitumentl</i>)	AASHT O T-182-82	95	-	97	%
Agregat Halus						
1.	Pelapukan agregat dengan Sodium Sulfat/Magnesium Sulfat (<i>Soundness Test</i>)	SNI 03-3407-1994 SNI 3407:2008	-	12	1,478	%
2.	Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus (<i>Sand Equivalent Test</i>)	ASTM D 2419-74 / AASHT O 176-86(1990) / BS 812: Part 1:1975	50	-	88,94	%

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium STJR ITB, 2018

Hasil Perhitungan Perencanaan Komposisi Agregat

Tabel 2. Perhitungan Komposisi Agregat

No.Saringan	Spesifikasi					Kadar Aspal (%)					
	Inchi	mm	Batas Bawah	Batas Atas	Nilai Tengah	%Tertahan	6.5	7	7.5	8	8.5
3/4.	19		100		100	0	0	0	0	0	0
1/2.	12.5	90	-	100	95	5	60	56.1	55.8	55.5	54.9
3/8.	9.5	75	-	85	80	15	180	168.3	167.4	166.5	164.7
no.8	2.36	50	-	72	61	19	228	213.2	212	210.9	209.8
no.30	0.6	35	-	60	47.5	13.5	162	151.5	150.7	149.9	149
no.200	0.08	6	-	10	8	39.5	474	443.2	440.8	438.5	436.1
pan (filler)						8	96	89.76	89.28	88.8	88.32
2% Abu Sekam Padi/Abu Kapur								22.44	22.32	22.2	22.08
6% Abu Batu								67.32	66.96	66.6	66.24
Aspal								78	84	90	96

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium STJR ITB, 2018 [3]

Hasil Pengujian Aspal

Pemeriksaan dilakukan terhadap sifat-sifat aspal yang akan digunakan dan mengikuti metode-metode yang telah ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga. Adapun hasil dari pengujian aspal dapat dilihat Tabel berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Persyaratan Bina Marga		Prosedur / Spek	Satuan	Hasil Uji
		Min	Maks			
1.	Penetrasi pada Suhu 25°C	60	70	SNI 06-2456-1991	Mm	65,70
2.	Titik Nyala & Titik Bakar	232	-	SNI 06-2434-1991	°C	284 294
3.	Titik Lembek	48	56	SNI 06-2434-1991	°C	51,5
4.	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	1,01	1,06	SNI 06-2441-1991	Kg/m	1,037
5.	Pemeriksaan Daktilitas Suhu 25°C	100	-	SNI 06-2434-1991	Cm	>100
6.	Pemeriksaan Kehilangan Berat	-	0,20	SNI M-29-1990-F	% berat	0,0277
7.	Viskositas Kinematis pada 135°C	300	-	SNI 06-6441-1991	Cst	124,07

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium STJR ITB, 2018 dan Spesifikasi umum 2010 Bina Marga, 2014[4]

Bandangan Hasil Uji Abu Sekam Padi dan Abu Kapur pada Campuran Lataston untuk Perkerasan Jalan

Berdasarkan hasil perhitungan kadar aspal perkiraan didapat Pb= 7,19%. Pada penelitian ini kadar aspal yang digunakan adalah 6,0% 6,5% 7,0% 7,5% 8,0% dengan berat total campuran untuk 1 buah benda uji ± 1200 gram. abu sekam padi dan

abu kapur yang digunakan adalah 2% untuk mengganti sebagian filler. Pengujian yang dilakukan berdasarkan asumsi untuk lalu lintas berat dengan jumlah tumbukan masing-masing benda uji 75 tumbukan. Untuk masing-masing kadar aspal dibuat 3 buah benda uji. Pada penarikan ini akan diketahui nilai-nilai dari berat jenis bulk, rongga antar agregat (VMA), rongga dalam campuran (VIM), rongga terisi aspal (VFB), stabilitas, kelelahan (flow), Marshall Quotient (MQ). Adapun hasil akhir dari pengujian Marshall penggantian sebagian filler dengan abu sekam padi dan abu kapur sebagai berikut:

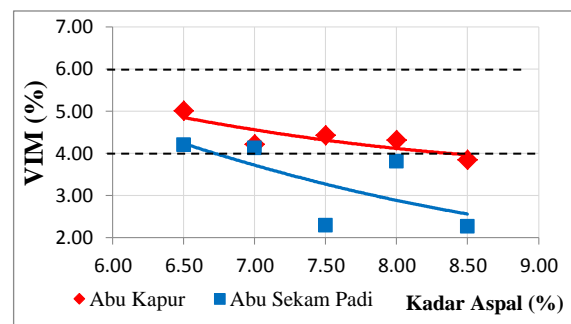
Tabel 4. Hasil Pengujian Marshall

Sifat-Sifat Campuran	2% Abu Sekam Padi : 2% Abu Kapur										Spesifikasi
	6.5		7		7.5		8		8.5		
Kadar Aspal; %	ASP	AKP	ASP	AKP	ASP	AKP	ASP	AKP	ASP	AKP	
Campuran	ASP	AKP	ASP	AKP	ASP	AKP	ASP	AKP	ASP	AKP	
Berat Isi; t/m ³	2.309	2.29	2.295	2.293	2.282	2.272	2.271	2.259	2.291	2.254	-
VIM; %	4.2	5	4.11	4.21	4	4.42	3.8	4.31	2.26	3.84	4-6 %
VMA; %	17.33	18.03	18.28	18.36	19.19	19.55	20.02	20.45	19.74	21.04	>18 %
VFA; %	75.82	72.37	77.57	77.1	79.16	77.42	81.04	78.92	89.44	81.77	>68 %
Stabilitas; Kg	1445	2583	1520	2398	2028	1809	1803	1466	1813	1200	>800 Kg
Kelelahan; mm	4	3.14	4.3	3.33	4.61	3.46	3.68	3.82	4.17	4.59	>3 mm
Marshall Quotient; Kg/mm	354.9	824.2	359	724	448.6	524.8	500.4	396.5	438.1	265	>250 Kg/mm

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium STJR ITB, 2018 dan Spesifikasi umum 2010 Bina Marga, 2014[4]

Rongga dalam Campuran (VIM)

Rongga dalam campuran perkerasan aspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat[5], dari hasil pengujian perbandingan sebagian filler abu sekam padi dan abu kapur diperoleh nilai VIM sebagai berikut:

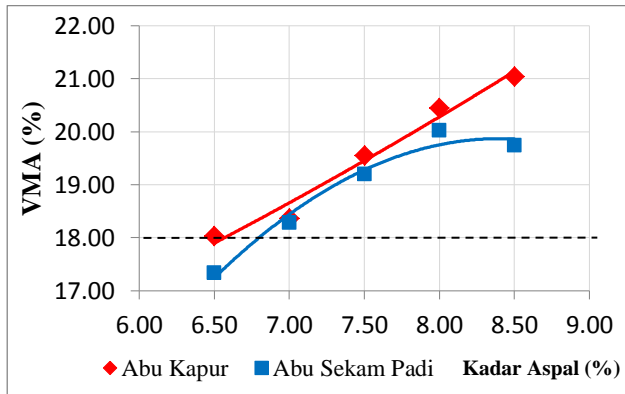


Gambar 2. Rongga dalam campuran

Rongga dalam Agregat (VMA)

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan

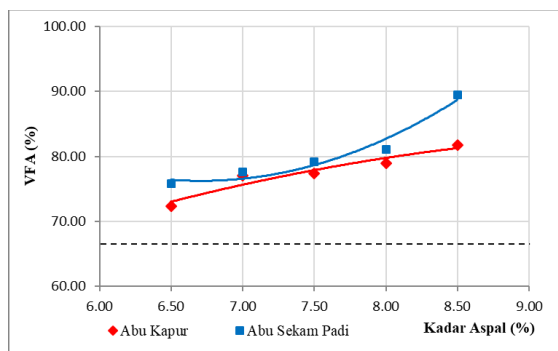
volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat)[5], dari hasil pengujian perbandingan sebagian *filler* abu sekam padi dan abu kapur diperoleh nilai VMA sebagai berikut:



Gambar 3. Rongga Dalam Agregat

Rongga Terisi Aspal

Rongga terisi aspal atau *Volume of voids Filled with Asphalt* (VFWA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat[5]. Hasil pengujian perbandingan sebagian *filler* Abu Sekam Padi dan Abu Kapur diperoleh nilai VMA sebagai berikut:

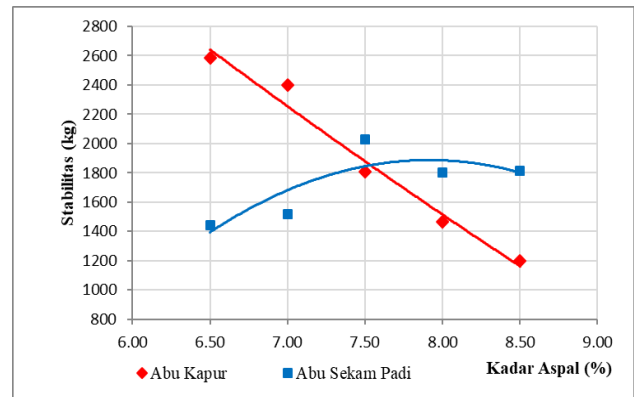


Gambar 4. Rongga Terisi Aspal

Stabilitas

Stabilitas adalah parameter empiris untuk mengetahui kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan blending. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain adalah gradasi agregat, kadar aspal, gesekan internal, partikel agregat, interlocking dan daya lekat aspal, dimana bentuk dan tekstur permukaan agregat yang digunakan akan berpengaruh pada gesekan internal dan interlocking. Partikel agregat yang lebih berbentuk angular dengan permukaan lebih kasar akan meningkatkan stabilitas campuran. Sedangkan daya lekat aspal dipengaruhi oleh jenis aspal dan suhu campuran itu sendiri.[6]

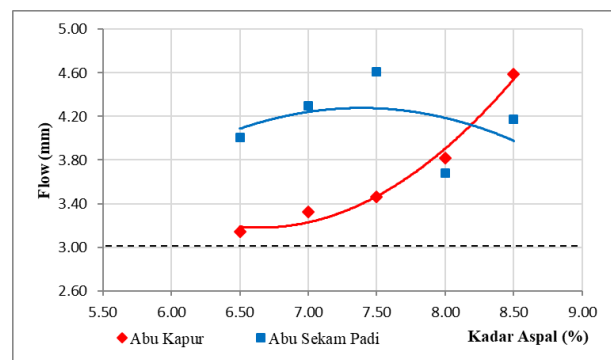
Nilai stabilitas menurut (Spesifikasi Kementerian PU, 2010) untuk jenis campuran HRS dibatasi min 800 kg. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh seluruh campuran memenuhi syarat minimum spesifikasi campuran beraspal pada rentang suhu 126°C - 156°C.[4]



Gambar 5. Stabilitas

Kelelahan (flow)

Kelelahan (*flow*) adalah parameter empiris yang menjadi indikator terhadap perubahan bentuk plastis campuran beraspal yang diaibatkan oleh beban. Tingkatan kelelahan campuran dipengaruhi oleh kadar aspal dalam campuran, suhu, viskositas aspal dan bentuk partikel agregat. Daya tahan deformasi yang rendah pada kadar aspal optimum, akan tetapi nilai kelelahan ini harus dibatasi agar tidak terlalu rendah, karena kelelahan yang rendah membuat campuran menjadi kaku dan rentan terhadap retak.[6]

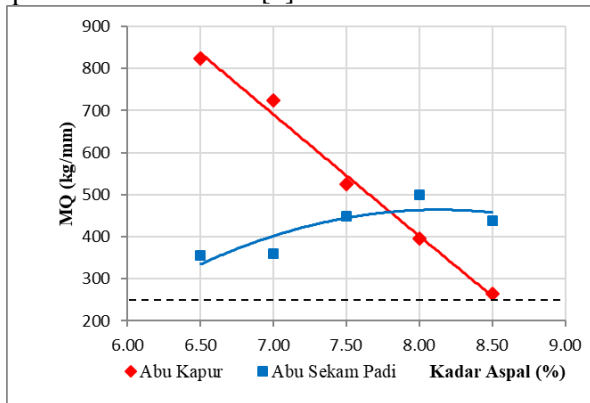


Gambar 6. Kelelahan

Hasil Bagi Marshall (MQ)

Marshall Quotient (MQ) atau hasil bagi Marshall adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekakuan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ, maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap keretakan, namun nilai MQ juga tidak boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan

menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis, oleh karena itu maka spesifikasi membatasi nilai MQ 250 kg/mm untuk campuran HRS dengan aspal Pen 60/70 ESSO.[6]

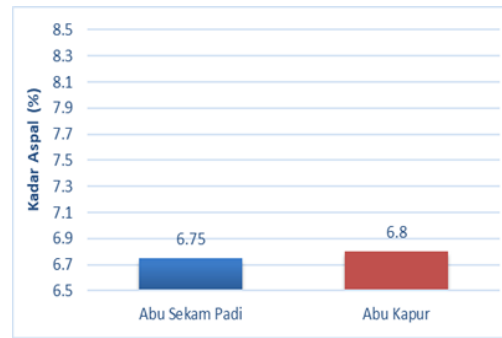
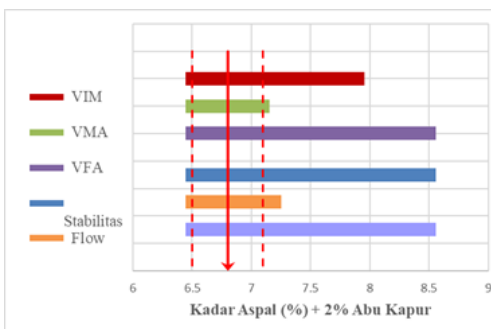
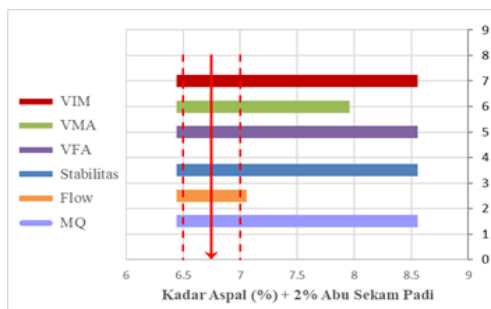


Gambar 7. Hasil Bagi Marshall

Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan hasil pengujian Marshall terhadap benda uji campuran laston dengan kadar aspal rencana 6,0% 6,5% 7,0% 7,5% 8,0%, didapat kadar aspal optimum sebagai berikut:

1. Percobaan Marshall dengan aspal AC ESSO pen 60/70 dan campuran 2% abu sekam padi didapat kadar aspal optimum 6,75%
2. Percobaan Marshall dengan aspal AC ESSO Pen 60/70 dan campuran 2% abu kapur didapat kadar aspal optimum 6,8



Gambar 8. Kadar Optimum Aspal

Pembahasan Hasil Penelitian

Dari hasil uji perbandingan abu sekam padi dan abu kapur pada campuran laston untuk perkerasan jalan di Laboratorium Rekayasa Jalan dan Lalu Lintas, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung dihasilkan pengganti sebagian 2% *Filler* abu kapur lebih baik dari pada abu sekam padi dilihat dari banyaknya pengujian yang memenuhi spesifikasi.

Berdasarkan dari gambar grafik perbandingan nilai rongga dalam campuran (VIM), nilai VIM campuran abu sekam padi memiliki 2 kadar aspal yang memenuhi syarat, sedangkan campuran abu kapur memiliki 4 kadar aspal yang memenuhi syarat, yang mana syarat dan ketentuannya 4-6 %.

Berdasarkan dari gambar grafik perbandingan nilai rongga dalam agregat (VIM), nilai VIM campuran abu sekam padi memiliki 4 kadar aspal yang memenuhi syarat, sedangkan campuran abu kapur semua kadar aspal memenuhi syarat, yang mana syarat dan ketentuannya >18%.

Berdasarkan gambar grafik perbandingan nilai rongga terisi aspal (VFA), nilai VIM campuran abu sekam padi dan abu kapur semua kadar aspal memenuhi syarat, yang mana syarat dan ketentuannya >68%.

Berdasarkan dari gambar grafik perbandingan nilai stabilitas, campuran abu sekam padi dan abu kapur semua kadar aspal memenuhi syarat, yang mana nilai stabilitas menurut (Spesifikasi Kementerian PU, 2010) untuk jenis campuran laston dibatasi minimal 800 Kg.

Berdasarkan gambar grafik gabungan nilai kelelahan (*flow*), campuran abu sekam padi dan abu kapur semua kadar aspal-nya memenuhi syarat, yang mana syarat dan ketentuannya >3 mm.

Berdasarkan gambar grafik gabungan nilai MQ, campuran abu sekam padi dan abu kapur semua kadar aspal memenuhi syarat, yang mana syarat dan ketentuannya membatasi nilai MQ 250 kg/mm untuk campuran Laston dengan aspal pen 60/70 ESSO.

Berdasarkan dari gambar grafik perbandingan kadar aspal optimum pada campuran aspal pen 60/70 2% Abu sekam padi dengan 2% abu kapur, dihasilkan bahwa kadar aspal optimum dari campuran abu sekam padi adalah 6,75%, sedangkan campuran abu kapur adalah 6,8%. Hasil perbandingan kadar aspal optimum dari campuran sebagian *filler* 2% abu sekam padi dan 2% abu kapur tidak terlalu signifikan yaitu 0,05%

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan terhadap contoh-contoh pada uji penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa bandingan penambahan sebagian *filler* dengan Abu Kapur lebih baik daripada penamabahan dengan Abu Sekam Padi dilihat dari banyaknya pengujian yang memenuhi spesifikasi. Selain itu, nilai kadar aspal optimum dengan aspal AC ESSO Pen 60/70 dan campuran 2% abu Sekam padi didapat kadar aspal optimum 6,75%, nilai kadar aspal optimum dengan aspal AC ESSO Pen 60/70 dan campuran 2% abu kapur didapat kadar aspal optimum 6,8%

Saran

Dalam rangka pengembangan bahan penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut tentang penggunaan sebagian *filler* Abu Sekam Padi dan Abu Kapur dengan komposisi campuran yang berbeda sehingga dapat dilakukan analisa lebih lanjut. Karena besar kemungkinan diakibatkan oleh kurang ketelitian peneliti dalam penimbangan sampel, pengamatan suhu saat pelaksanaan maupun pembacaan angkat saat pengujian.
2. Uji laboratorium perlu dilanjutkan dengan pengujian dilapangan (skala penuh) untuk mengetahui kerja campuran yang sebenarnya dan hal-hal lain yang menyangkut pelaksanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Direktorat Jenderal Bina Marga. *Spesifikasi Umum 2010*. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2014.
- [2]. Hardianty, Ajeng Rizkya. 2018, "Pengaruh Abu Zeolit Pada Campuran Lataston Untuk Perkerasan Jalan", Tasikmalaya: Jurusan Fakultas Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi.

- [3]. Laboratorium Rekayasa Jalan dan Lalu Lintas. *Panduan Praktikum*. Bandung : Institut Teknologi Bandung, 2018.
- [4].Setiawan, Agus dan Vanhardy, Andre. *Perencanaan Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Portland Cement*. Semarang : Universitas Diponegoro, 2010.
- [5]. Sukirman, Silvia. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Granit, 2003.
- [6]. Soehartono, Ir., 2015, "Teknologi Aspal dan Penggunaannya Dalam Konstruksi Perkerasan Jalan", ANDI, Yogyakarta