

STUDI KARAKTERISTIK MARSHALL PADA LASTON (AC) DENGAN BAHAN PENGIKAT DAMAR ASPAL (DASPAL) KOMBINASI MATERIAL GETAH DAMAR, FLY ASH, OLI BEKAS DAN LATEKS

Ary Setyawan¹⁾ Slamet Jauhari Legowo²⁾ Ahsan Musthafa Shidiq³⁾

³⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{1) 2)} Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email : ahsanisidiq@gmail.com

Abstract

Examination of asphalt concrete mixture by daspal with marshall testing apparatus is intended to determine resistance (stability) of the melting plastic (flow) in daspal mixtures. Damar aspal (Daspal) is a substitute for asphalt without adding asphalt composition, because daspal was derived from a mixture of damar resins, fly ash, latex and wasted engine oil, so it is quite feasible to say daspal are materials that are environmental friendly. The purpose of this research was to determine the characteristic values of asphalt concrete mixtures of daspal using Marshall test, also to evaluate the feasibility of this daspal modification as an alternative material of asphalt concrete.

The method used in this study is experimental methods with the first step is testing the density of coarse and fine aggregate, making specimen and Marshall test. Marshall test specimen made by according to preliminary prediction bitumen content plan (Pb) with intervals of 0.5%, which resulted in the percentage of 5%; 5.5%; 6%; 6.5%; 7% where each percentage made by 3 specimen.

Evaluation of this study compared the results of asphalt concrete mixture by daspal with specification limits on asphalt concrete mixture by asphalt penetration and asbuton. Conclusion of this study is specimens meet the specification of asphalt penetration and asbuton except on the value of voids in mix (VIM).

Keywords: Asphalt Concrete, Damar aspal, Marshall Characteristic

Abstrak

Pemeriksaan aspal beton campuran daspal dengan alat *marshall* dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) pada campuran daspal. Damar aspal (Daspal) adalah bahan pengganti aspal yang tanpa menambahkan komposisi aspal didalamnya, karena *daspal* berasal dari bahan campuran getah damar, *fly ash* (abu terbang), lateks dan oli bekas, sehingga cukup layak dikatakan *daspal* merupakan bahan yang bersifat ramah lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai-nilai karakteristik aspal beton campuran daspal melalui pengujian *Marshall*, juga mengevaluasi kelayakan daspal modifikasi ini sebagai bahan alternatif campuran aspal beton.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan langkah awal pengujian berat jenis agregat kasar dan halus, pembuatan benda uji dan pengujian *Marshall*. Benda uji *Marshall* dibuat sesuai presentase perhitungan perkiraan awal kadar aspal rencana (Pb) dengan interval 0,5% yang menghasilkan persentase 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5% ; 7% dimana masing-masing persentase dibuat 3 benda uji.

Evaluasi dari penelitian ini membandingkan hasil penelitian aspal beton campuran daspal dengan batas spesifikasi sifat aspal beton campuran aspal penetrasi dan asbuton. Kesimpulan dari penelitian ini adalah benda uji memenuhi spesifikasi aspal penetrasi dan asbuton kecuali pada nilai rongga dalam campuran (VIM).

Kata kunci: Aspal Beton, Damar Aspal, Karakteristik *Marshall*

PENDAHULUAN

Pemeriksaan campuran aspal dengan alat *Marshall* dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis pada campuran aspal. Nilai stabilitas adalah jumlah muatan yang dibutuhkan untuk menghancurkan campuran aspal (kemampuan ketahanan untuk menerima beban sampai kelelahan plastis). Nilai *flow* (kelelahan plastis) adalah keadaan perubahan bentuk dari bahan contoh sampai batas leleh.

Aspal penetrasi pada umumnya jika dicampur dengan agregat yang sudah digradasi akan menghasilkan aspal beton dengan ketahanan / stabilitas yang tinggi. Pengujian *marshall* pada campuran aspal penetrasi disini sudah mempunyai spesifikasi sifat-sifat *marshall*-nya, sehingga untuk mengetahui apakah campuran daspal ini layak digunakan sebagai bahan campuran aspal beton, maka harus dilakukan uji *marshall* terhadap campuran daspal dan harus memenuhi spesifikasi minimal dari campuran aspal modifikasi.

Daspal dipilih sebagai bahan alternatif perkerasan jalan khususnya pada perkerasan lentur sebagai pengganti bahan aspal konvensional karena daspal memiliki sifat elastomer dan plastomer seperti pada aspal konvensional dengan pengaturan perbandingan komposisi bahannya, juga memiliki daya lekat. Bahan getah damar didapat dari potensi alam yang besar dan dapat diperbarui, untuk *fly ash* didapat dari limbah batu bara, kemudian lateks didapat dari getah pohon karet dan oli sebagai *modifier* didapat dari oli sisa mesin.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Fiza Abraham (2016) dalam penelitiannya dengan judul Evaluasi Karakteristik Marshall Pada Daspal (Damar Aspal) Jabung Sebagai Bahan Pengikat Pada Perkerasan Jalan Surakarta, menyimpulkan bahwa daspal memenuhi persyaratan dalam hal stabilitas, kepadatan (*density*), flow dan nilai *marshal quotient*. Namun diperlukan penyesuaian dalam hal nilai porositas serta membutuhkan nilai kadar aspal optimum yang cukup tinggi.

Penelitian lanjutan mengenai daspal modifikasi adalah untuk menyempurnakan komposisi daspal dari penelitian sebelumnya sehingga nantinya siap untuk dihampar di lapangan dan dapat dijadikan salah satu alternatif pengganti aspal konvensional yang ramah lingkungan

Laston (Lapis Aspal Beton)

Menurut Silvia Sukirman (1995), laston adalah lapisan pada konstruksi jalan yang bahan penyusunnya merupakan campuran dari aspal dan agregat yang dicampur dan dihamparkan dalam kondisi panas kemudian dipadatkan pada suhu tertentu. Lapisan aspal beton (laston) dapat dibentuk dari bahan aspal polimer, aspal modifikasi dengan asbuton, aspal multigrade dan aspal penetrasi 60/70 sebagai bahan pengikatnya. Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum menetapkan ketentuan sifat-sifat lapisan aspal beton modifikasi antara lain dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Sifat-sifat campuran laston modifikasi

Sifat-sifat campuran	Laston-Mod		
	WC	BC	Base
Jumlah tumbukan perbidang	75		112
Rongga dalam campuran (VIM), %	min.	3,5	
	mak.	5,5	
Rongga dalam agregat (VMA), %	min.	15	14
Rongga terisi aspal (VFB), %	min.	65	63
Stabilitas marshall, kg	min.	1000	1800
	mak.	-	-
Pelelehan, mm	min.	3	5
Marshall quotient, kg/mm	min.	300	350
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C pada VIM \pm 7%	min.	80	
Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal), %	min.	2,5	
Stabilitas Dinamis (lint/mm)	min.	2500	

Karakteristik Campuran Aspal Beton

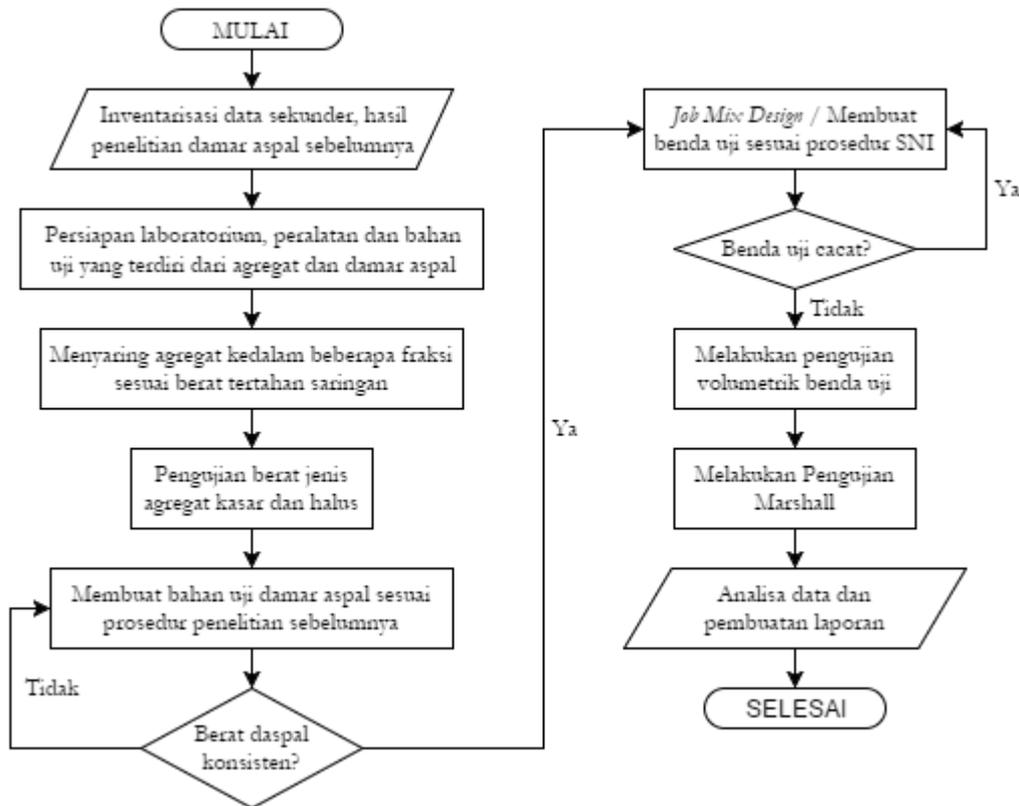
Lapis perkerasan harus memenuhi karakteristik tertentu sehingga didapat suatu lapisan yang kuat menahan beban, aman dan dapat dilalui kendaraan dengan nyaman. Karakteristik perkerasan antara lain :

- Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang (deformasi permanen), alur ataupun *bleeding* (keluarnya aspal ke permukaan). Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar agregat, penguncian butir partikel (*interlock*) dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.
- Kelelehan plastis (*flow*) adalah besarnya deformasi vertikal yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi kestabilan maksimum sehingga sampel hancur.
- Daya tahan (*Durability*) yaitu kemampuan lapis perkerasan untuk mencegah keausan atau kerusakan selama umur rencananya.
- Kekesatan (*Skid resistance*) adalah kemampuan lapis permukaan pada lapis perkerasan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya roda selip atau tergelincir pada waktu permukaan basah.
- Fleksibilitas pada lapis perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas yang berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.
- Porositas adalah prosentase pori atau rongga udara yang terdapat dalam suatu campuran, sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil (menimbulkan *bleeding*) atau terlalu besar (menimbulkan oksidasi / penuaan aspal dengan masuknya udara dan sinar ultra violet).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu eksperimen terhadap benda uji daspal dengan beberapa variasi material, diantaranya getah damar, lateks, *fly ash*, dan oli bekas, yang dijadikan

sebagai bahan pengikat lapisan aspal beton. Metode penelitian karakteristik marshall pada campuran daspal ini disajikan dalam bentuk gambar diagram alir sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis data hasil pengujian Marshall pada aspal beton dengan campuran damar aspal dilakukan setelah semua data pengujian diperoleh. Data pengujian yang dibutuhkan sebelum melakukan analisa yaitu dimensi benda uji, berat benda uji (baik kering, dalam air, maupun *Saturated Surface Dry / SSD*), kemudian stabilitas dan kelelahan plastis (*flow*) benda uji. Kegunaan masing-masing data adalah untuk menemukan nilai-nilai *properties* Marshall dengan tujuan akhir adalah mengetahui Kadar Damar Aspal Optimum (KAO) yang nantinya berguna pada saat daspal modifikasi ini akan di hamparkan atau digunakan sebagai bahan pengganti aspal konvensional (bioaspal).

Pemeriksaan dan Persiapan Agregat

Pemeriksaan dan persiapan agregat meliputi pengambilan agregat dari PT Pancadharmma kemudian dilakukan pengujian berat jenis agregat. Berikut merupakan contoh perhitungan pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat halus : Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm. Setelah dilakukan pengujian berat jenis agregat kasar (*CA*), maka dilakukan perhitungan pengujian berat jenis agregat kasar sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar

		Pengujian		Rata-rata
		1	2	
Berat sampel kering oven	BK	1488.7	1479.6	1484.15
Berat sampel jenuh kering permukaan (SSD)	BJ	1507.7	1515.5	1511.6
Berat sampel di dalam air	BA	951.3	944.7	948
Berat jenis bulk		2.676	2.592	2.634
Berat jenis SSD		2.710	2.655	2.682
Berat jenis semu (aparent)		2.770	2.766	2.768
Penyerapan air		1.276	2.426	1.851

Agregat halus adalah agregat yang ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm. Setelah dilakukan pengujian berat jenis agregat halus (*FA*), maka dilakukan perhitungan pengujian berat jenis agregat halus sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil pengujian berat jenis agregat halus

		Pengujian		Rata-rata
		1	2	
Berat sampel jenuh kering permukaan (SSD)	A	500	500	500
Berat sampel kering oven	B	487.7	488.2	487.95
Berat Pikhnometer + Air (kalibrasi)	C	738	729.4	733.7
Berat Pikhnometer + Air + contoh	D	1048.5	1042.8	1045.65
Berat jenis bulk		2.574	2.616	2.595
Berat jenis SSD		2.639	2.680	2.659
Berat jenis semu (aparent)		2.752	2.793	2.773
Penyerapan air		2.522	2.417	2.470

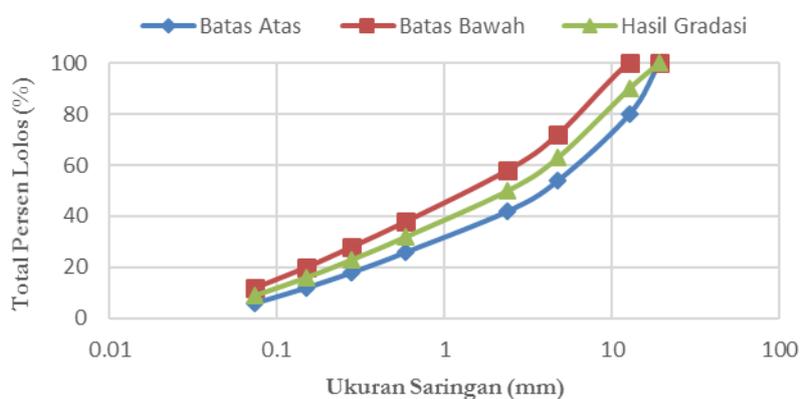
Perencanaan Gradasi Agregat

Gradasi agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Nomor campuran VII dimana campuran ini sering digunakan pada perkerasan jalan di Indonesia sebagai lapis permukaan. Terdapat 11 tipe gradasi di dalam peraturan yang diterbitkan oleh Bina Marga, dan jenis gradasi ini memiliki gradasi yang rapat. Daftar gradasi nomor campuran VII disini berdasarkan pada SNI 03-1737-1989 (*Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya*). Perencanaan *job-mix design* diambil dari nilai tengah dari batas bawah dan atas Nomor campuran VII. Hasil rencana gradasi nomor campuran VII disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4. Pengambilan nilai tengah pada nomor campuran VII

No. Saringan (in)	No. Saringan (mm)	Batas Gradasi (%)			Nilai Tengah (%)
		Ats	-	Bwh	
3/4"	19.1	100	-	100	100
1/2"	12.7	80	-	100	90
# 4	4.76	54	-	72	63
# 8	2.38	42	-	58	50
# 30	0.59	26	-	38	32
# 50	0.279	18	-	28	23
# 100	0.149	12	-	20	16
# 200	0.074	6	-	12	9

Perencanaan gradasi agregat diambil dari nilai tengah dari batas gradasi atas dan batas gradasi bawah. Hal ini dimaksudkan agar perencanaan tersebut mendapatkan campuran yang ideal dan sesuai yang diharapkan. Berdasarkan perencanaan tersebut, maka didapatkan grafik seperti pada gambar berikut :



Gambar 2. Grafik distribusi agregat nomor campuran VII dan hasil gradasi

Perencanaan Presentase Kadar Damar Aspal

Pengujian Marshall membutuhkan 15 benda uji dengan 5 kadar damar aspal yang berbeda. Setiap kadar diuji sebanyak 3 kali dengan tujuan agar mendapatkan hasil tervalid pada setiap kadarnya. Penentuan kadar daspal berdasarkan *Pedoman Teknik No.028 / T / BM / 1999*, bahwa perkiraan awal kadar damar aspal rancangan diperoleh dari rumus :

$$Pb = 0,035 \times (\%CA) + 0,045 \times (\%FA) + 0,18 \times (\%Filler) + \text{Konstanta}$$

Dimana : Pb = Perkiraan kadar aspal rencana awal
 %CA = Prosentase agregat kasar
 %FA = Prosentase agregat halus
 %Filler = Prosentase bahan pengisi
 Konstanta = 0,5 sampai 1 untuk Laston => diambil 0,75

Maka perkiraan awal kadar damar aspal :

$$Pb = 0,035 \times 37 + 0,045 \times 54 + 0,18 \times 9 + 0,75 = 6,095 \approx 6\%$$

Perkiraan awal kadar damar aspal adalah 6%, sehingga dengan interval sebanyak 0,5% keatas dan kebawah, maka lima kadar daspal yang akan dijadikan sebagai benda uji adalah 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5% dan 7%, dimana pada masing-masing kadar dibuat tiga benda uji, yaitu A, B dan C, sehingga terdapat 15 benda uji dalam pengujian Marshall.

Hasil Pengujian Volumetrik Benda Uji

Pengujian volumetrik adalah pengujian untuk mengetahui dimensi dan volume benda uji. Pengujian ini dilakukan setelah pembuatan benda uji dipadatkan dengan alat *compactor* manual, benda uji dikeluarkan dari mould dengan alat dongkrak hidrolis, setelah itu mengukur tebal benda uji dari 4 sisi yang berbeda dengan jangka sorong, kemudian ditimbang saat kondisi kering, dalam air dan jenuh kering permukaan (*SSD*). Hasil dari pengujian volumetrik ini berupa kepadatan (*density*) dan nilai rongga / pori yang terbagi menjadi tiga (*VMA*, *VIM* dan *VFB*).

Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian dengan alat *Marshall* berupa nilai dial stabilitas dan kelelahan plastis (*flow*). Nilai dial stabilitas ini akan dikalikan dengan konversi *Marshall* yang berupa koreksi tebal benda uji dan angka kalibrasi. Koreksi tebal benda uji dilakukan dengan cara interpolasi tebal benda uji rata-rata dengan tabel rasio korelasi stabilitas yang tercantum pada *RSNI M 01-2003 (Metode pengujian campuran beraspal panas dengan alat Marshall)*. Angka kalibrasi dilakukan dengan cara interpolasi hasil dial stabilitas dengan faktor kalibrasi alat yang tercantum pada buku spesifikasi alat *Marshall* dengan tipe masing-masing. Nilai dial *flow* didapatkan dengan cara menghitung putaran jarum pada *flow-meter*. Nilai terakhir yang didapatkan dari pengujian ini adalah *Marshall Quotient* yang merupakan hasil bagi antara stabilitas dan kelelahan plastis.

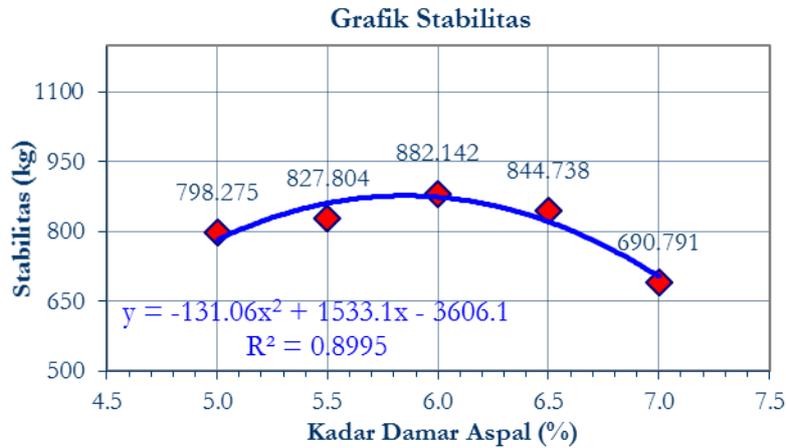
Pengujian *Marshall* ini dilakukan kepada kelimabelas sampel yang sudah diuji volumetrik, sebelum melakukan pengujian, benda uji direndam dalam *waterbath* dengan suhu stabil $60 \pm 1^\circ \text{C}$ selama 1 jam, guna mengimbangi suhu panas pada perkerasan jalan. Hasil analisis pengujian *Marshall* disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 5. Hasil analisis pengujian Marshall pada aspal beton campuran daspal

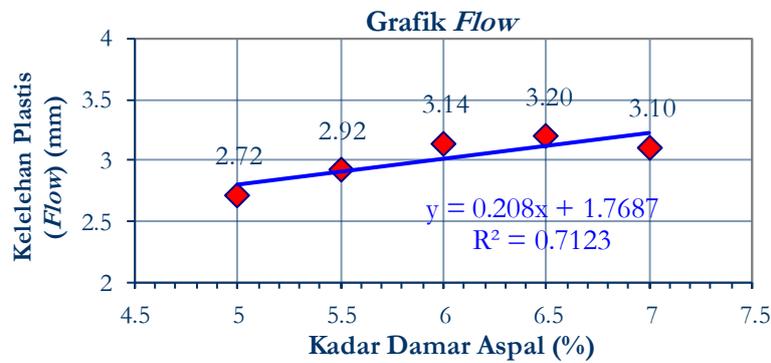
No. sampel	Stabilitas				flow	Marshall Quotient
	dial	kalibrasi	koreksi tebal	koreksi		
Satuan	lb	kg		kg	mm	kg/mm
Label	O	Kal	kT	S	F	MQ
Rumus	O	O x Kal x 0,4536	kT	Kal x kT	F	S / F
5 A	60	599.66	1.19	716.13	2.26	316.87
5 B	67.5	675.98	1.22	826.91	2.18	379.32
5 C	69	691.28	1.23	851.79	3.72	228.97
				798.28	2.72	308.39
5,5 A	68	679.79	1.22	830.62	3.12	266.22
5,5 B	70	701.49	1.21	847.59	2.35	360.68
5,5 C	65	650.51	1.24	805.21	3.30	244.00
				827.80	2.92	290.30
6 B	81.5	819.25	1.22	997.57	3.28	304.14
6 C	63	630.15	1.22	766.72	3.00	255.57
				882.14	3.14	279.85
6,5 A	86	830.11	1.20	993.28	2.79	356.01
6,5 B	69	691.28	1.15	793.24	3.30	240.38
6,5 C	61	609.82	1.23	747.70	3.50	213.63
				844.74	3.20	270.01
7 A	59	589.51	1.23	726.94	3.32	218.96
7 B	53.5	533.76	1.22	648.94	2.28	284.62

7 C	58	579.36	1.20	696.50	3.71	187.74
				690.79	3.10	230.44

Dengan hasil tersebut dapat ditentukan grafik hubungan antara dua parameter. Hasil grafik hubungan disajikan dalam gambar berikut :



Gambar 3. Grafik hubungan kepadatan (*density*) dengan kadar daspal



Gambar 4. Grafik hubungan *flow* dengan kadar daspal

Penentuan Kadar Damar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan kadar damar aspal optimum dilakukan dengan penurunan (diferensial) persamaan regresi polinomial pada grafik hubungan stabilitas dan kadar daspal sebagai perkiraan awal. KAO ini kemudian ditentukan dengan menarik kadar terbaik pada tabel kadar daspal yang lolos spesifikasi laston (AC). Kadar daspal optimum inilah yang nantinya dijadikan sebagai acuan dalam pelaksanaannya di lapangan. Berikut tabel penentuan KAO :

Tabel 6. Penentuan Kadar Damar Aspal Optimum (KAO)

Spesifikasi Bina Marga 2005	Kadar Daspal %				
	5	5,5	6	6,5	7
Density	█	█	█	█	█
VMA				█	█
VIM				█	█
VFB	█	█	█	█	█
Stabilitas		█	█	█	█
Flow	█	█	█	█	█
Marshall Quotient	█	█	█	█	█

Berdasarkan tabel tersebut maka dapat ditentukan Kadar Damar Aspal Optimum (KAO) untuk aspal beton menggunakan bahan pengikat daspal modifikasi getah damar, *fly ash*, oli bekas dan lateks adalah sebesar 6,5%.

Evaluasi Hasil Analisis Pengujian Marshall

Evaluasi penelitian dilakukan dengan cara membandingkan hasil nilai karakteristik *Marshall* yaitu *density*, *VMA*, *VIM*, *VFB*, Stabilitas, *Flow* dan *Marshall Quotient* pada kadar daspal optimum (KAO) dengan spesifikasi nilai karakteristik *Marshall* aspal beton campuran aspal pertamina dan asbuton. Spesifikasi campuran aspal pertamina sesuai dengan *Spesifikasi Umum Bina Marga 2005; Divisi 6 (Perkerasan Aspal) Seksi 6.3 (Campuran Beraspal Panas)*, sementara untuk spesifikasi campuran asbuton berdasarkan *Pedoman Konstruksi dan Bangunan Bina Marga 2006; Buku 3 (Campuran Beraspal Panas dengan Asbuton Olahan)*. Rekapitulasi evaluasi penelitian disajikan pada tabel berikut:

Tabel 7. Evaluasi penelitian daspal (KAO) dengan aspal pertamina dan asbuton

No.	Karakteristik <i>Marshall</i>	Satuan	*Spesifikasi Aspal Penetrasi	**Spesifikasi Asbuton Olahan	Daspal Modifikasi (KAO)
1	Kepadatan (<i>Density</i>)	gr/cm ³	2 – 3	2 – 3	2,359
2	Rongga diantara mineral agregat (<i>VMA</i>)	%	Min. 15	Min. 15	15,47
3	Rongga dalam campuran (<i>VIM</i>)	%	3,5 – 5,5	3,5 – 5,5	2,25
4	Rongga terisi aspal (<i>VFB</i>)	%	Min. 65	Min. 65	85,17
5	Stabilitas	kg	Min. 800	Min. 1000	845
6	Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	mm	2 – 4	Min. 3	3,2
7	<i>Marshall Quotient</i>	kg/mm	250 – 300	300 – 350	270

Hasil evaluasi tersebut menunjukkan bahwa rongga dalam campuran (*VIM*) tidak memenuhi spesifikasi aspal penetrasi maupun asbuton olahan. Hasil *VIM* yang terlalu kecil dapat menyebabkan air dan udara tidak masuk kedalam campuran, sehingga mencegah terjadinya oksidasi yang membuat aspal menjadi rapuh (*durability*). Nilai *VMA* dan *VIM* yang kecil serta kadar aspal yang tinggi memungkinkan terjadinya *bleeding* yang besar. Merubah gradasi dengan persentase agregat kasar lebih besar dapat menambah nilai *VIM* pada aspal beton.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Kadar damar aspal optimum (KAO) pada daspal modifikasi adalah pada kadar 6,5%.
2. Hasil nilai-nilai karakteristik *Marshall* ialah kepadatan (*density*) sebesar 2,359 gr/cc ; rongga diantara mineral agregat (*VMA*) sebesar 15,47% ; rongga dalam campuran (*VIM*) sebesar 2,25% ; rongga terisi aspal (*VFB*) sebesar 85,17 % ; stabilitas sebesar 845 kg ; kelelahan plastis (*flow*) sebesar 3,2 mm ; dan *Marshall Quotient* sebesar 270 kg/mm.
3. Evaluasi hasil penelitian bahwa dengan KAO, daspal modifikasi ini tidak memenuhi spesifikasi aspal penetrasi maupun asbuton olahan dalam kriteria rongga dalam campuran (*VIM*) dengan nilai lebih kecil, sehingga dapat dinyatakan bahwa damar aspal kombinasi material getah damar, *fly ash*, oli bekas dan lateks belum bisa dijadikan sebagai bahan alternatif campuran aspal beton pengganti aspal penetrasi. Perlu dilakukan pengujian ulang dengan campuran bahan damar aspal yang sama namun gradasi agregat yang berbeda agar memenuhi spesifikasi nilai rongga dalam campuran yang belum terpenuhi..

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Bapak Ir. Ary Setyawan, M.Sc., Ph.D dan S. Jauhari Legowo, S.T., M.T. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Ali, Dego Yusa. 2011. Pemanfaatan Lateks Karet Alam sebagai Bahan Pemoifikasi Aspal untuk Meningkatkan Mutu Perkerasan Jalan Aspal. Skripsi Sarjana pada FTP Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ali, Hadi. 2011. "Karakteristik campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* dengan penggunaan abu vulkanik dan abu batu sebagai *filler*". *Jurnal Rekayasa*. 15 (1)
- Emha, Fieza Abraham. 2015. Evaluasi Karakteristik Marshall Pada Daspal (Damar Aspal) Jabung Sebagai Bahan Pengikat Pada Perkerasan Jalan. Skripsi Sarjana pada FTS Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Haryanto, I., Utomo, B.H. 2012. Bahan Ajar Perkerasan Jalan. Materi Pembelajaran Berbasis Riset pada Pusat Pengembangan Pendidikan UGM. Yogyakarta.
- Prasetyo, Kuku Budi. 2007. Kualitas Campuran Perkerasan Labustag dengan Menggunakan *modifier* oli bekas melalui tes Marshall. Skripsi Sarjana pada Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.

- Serani, Loppinet. 2008. Current and Foreseeable Application of Supercritical Water of Energy and The Environment.
- Sukirman, Silvia. 1995. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova
- Widajat, Djoko. 2010. *Hubungan Parameter Kuat Tarik Tak Langsung Terhadap Modulus Resilien Campuran Beraspal Dingin Dengan Aspal Busa*. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. Jurnal. Bandung