

ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL DITINJAU DARI ASPEK PROPERTIES MARSHALL

M Zain Triputra¹, Agung Prapsetyo² Kiki Lestari³

^{1,2} Prodi Teknik Sipil Pertahanan ,Akademi Militer, Jl. Gatot Subroto No. 1, Banyurojo, Kecamatan Metroyudan, Kab. Magelang, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia

³Prodi Arsitektur FTS, UUPAB, Jl. Gatot Subroto KM 4,5 Simpang Tj., Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara 20122

¹triputra13czi@outlook.com, ²kinggoenk@gmail.com, ³kikilestari569@yahoo.com

ABSTRAK

Dalam pembangunan sarana dan prasarana dewasa ini, fasilitas transportasi adalah hal utama khususnya transportasi darat yang paling banyak diminati oleh pengguna transportasi. Oleh karena itu diperlukan peningkatan kualitas kebutuhan perkerasan jalan baik dari segi kekuatan, keamanan dan kenyamanan. Penelitian ini adalah untuk menganalisa bagaimana karakteristik dari campuran aspal dengan metode Marshall. Hasil penelitian didapatkan bahwa penggunaan kadar campuran paling optimum yaitu kadar aspal 5,9% dengan tambahan kadar lateks 5%. Kadar aspal optimum untuk digunakan sebagai campuran aspal beton dengan menggunakan AC 60/70 dan agregat adalah kadar aspal 6,5%. Hasil pengujian karakteristik Marshall pada Kadar Aspal Optimum 6,5%. Nilai *Density* sebesar 2,33 gr/cc. Nilai VMA (*Void in Mineral Agregat*) sebesar 13,92%. c. Nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) sebesar 60,10%. Nilai VIM (*Void In Mix*) sebesar 5,2%. Nilai *Stabilitas* Marshall sebesar 1156,44 kg. Nilai *Flow* (kelelehan) sebesar 3,07 mm. Marshall Quotient diperoleh sebesar 377,28 kg/mm.

Kata kunci: ; Aspek properties *marshall*; karakteristik campuran aspal.

ABSTRACT

In infrastructure development today, the transport facilities is the main thing, especially land transport most in demand by the users of transport. Therefore, it is necessary to increase the quality of the pavement needs both in terms of strength, safety and comfort. This study is to analyze how the characteristics of asphalt mixtures with Marshall method. And the result showed that the most optimum usage levels of the mixture is bitumen content of 5.9% with the addition of a latex content of 5%. Optimum bitumen content to be used as an asphalt concrete by using AC 60/70 and aggregate Bantak is asphalt content of 6.5%. The test results on the Marshall characteristics Optimum Asphalt Content 6.5%. Density value of 2.33 g / cc. Value VMA (Void in Mineral Aggregate) amounted to 13.92%. c. Value VFB (Void Filled Bitumen) amounted to 60.10%. Value VIM (Void In Mix) by 5.2%. Marshall Stability value of 1156.44 kg. Value Flow (melting) of 3.07 mm. Marshall Quotient obtained was 377.28 kg / mm.

Keywords: *Marshall property aspects; asphalt mix characteristics*

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu tempat sarana dan prasaran transportasi berlalu lintas bagi

manusia di dalam kehidupannya. Oleh karena itu diperlukan suatu perencanaan perkerasan jalan yang baik agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan dapat



menunjang kehidupan sehari-hari manusia. Salah satu faktor suatu jalan dikatakan baik yaitu apabila bangunan tersebut memiliki struktur yang kuat dan kokoh. Jalan raya sebagai salah satu sarana transportasi darat, kegunaannya dirasakan semakin penting untuk menunjang peningkatan perekonomian, informasi, sosial, budaya dan ketahanan nasional. Pembangunan jalan yang dilaksanakan pada masa sekarang dihadapkan pada penyempurnaan kualitas dan penghematan biaya pembangunan. Perkembangan penelitian tentang bahan konstruksi perkerasan jalan khususnya perkerasan lentur (*flexible pavement*) diarahkan pada usaha pemanfaatan material setempat dan disesuaikan dengan kondisi daerah dimana konstruksi pengerasan akan dilaksanakan.

Transportasi darat masih menjadi andalan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan mobilitas, terutama untuk jarak pendek sampai menengah. Hal ini mengakibatkan kebutuhan akan prasarana transportasi darat terutama jaringan jalan senantiasa meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan. Peningkatan kebutuhan ini harus diimbangi dengan peningkatan performa perkerasan agar jalan yang dibangun kuat dan mampu memenuhi umur layannya. Agregat merupakan material utama penyusun perkerasan, dimana proporsinya sebesar 90% - 95% dari berat perkerasan. Proporsi yang sedemikian besar menyebabkan kualitas agregat yang dipakai akan sangat menentukan kinerja perkerasan secara keseluruhan. Apabila agregat yang dipakai

memiliki mutu yang rendah maka bisa dipastikan tingkat ketahanan dan keawetan konstruksi menjadi rendah.

Kualitas agregat dapat diketahui melalui serangkaian percobaan di laboratorium. Untuk agregat kasar pengujian yang dapat dilakukan adalah uji abrasi, uji berat jenis, uji penyerapan air serta uji kelekatan aspal. Sementara untuk agregat halus dapat dilakukan pengujian berat jenis dan uji penyerapan air. Dari hasil yang diperoleh kemudian digunakan standar acuan yang berlaku maka akan diketahui keberterimaan agregat tersebut untuk dapat digunakan sebagai agregat perkerasan.

Kualitas kinerja campuran beraspal dapat diketahui melalui observasi di lapangan dan serangkaian pengujian di laboratorium. Pengujian ini meliputi pengujian stabilitas (Uji Marshall), uji tekan, uji tarik dan uji permeabilitas. Uji Marshall merupakan pengujian untuk mendapatkan nilai kinerja lapis perkerasan aspal. Dari pengujian ini akan dapat diketahui besarnya nilai stabilitas dan besarnya nilai kelelahan (*flow*) suatu lapis perkerasan. Untuk mendapatkan pembebanan gaya tarik yang terjadi di lapangan sangat sulit, sehingga metode yang paling sesuai untuk mengetahui gaya tarik dari *asphalt concrete* adalah dengan menggunakan metode *Indirect Tensile Strength Test* (ITST) di laboratorium. Pengujian kuat tekan *bebas* (*Unconfined Compressive Strength*) dilakukan dengan maksud untuk mengetahui seberapa besar kekuatan daya dukung benda uji

terhadap deformasi atau tekanan jika diaplikasi ke lapangan. Karena banyak jalan rusak akibat konstruksi jalan yang tidak sesuai standar ketentuan.

Pengujian permeabilitas dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh permeabilitas setelah asphalt concrete (AC) campuran panas dicampur dengan agregat yang berasal dari desa Koripan, Matesih. Permeabilitas adalah sifat yang menunjukkan kemampuan material untuk meloloskan zat alir (*fluida*) baik udara maupun air. Nilai permeabilitas inilah yang akan mempengaruhi durabilitas dan stabilitas campuran aspal. Salah satunya pengujian kuat tekan *bebas* (*Unconfined Compressive Strength*). Pengujian ini dilakukan dengan maksud mengetahui seberapa besar kekuatan daya dukung benda uji terhadap deformasi atau tekanan jika diaplikasi ke lapangan. Karena bila dirunut, banyak kondisi jalan yang rusak diakibatkan rapuhnya konstruksi jalan akibat tidak sesuai standar yang ditentukan. Oleh karena itu pengujian beban tekan pada penelitian ini perlu dilakukan.

Permasalahan penelitian "Analisis Karakteristik Campuran Aspal Ditinjau Dari Aspek Properties *Marshall*" adalah:

1. Bagaimana karakteristik *Marshall* setelah dilaksanakan percobaan ?;
2. Bagaimana besar nilai *density*, *VIM*, *VFWA*, jika dipadatkan dengan *Marshall Hammer* pada sampel bagian atas, bagian tengah dan bagian bawah dengan sampel utuh? dan;

3. Bagaimana distribusi *void* dan orientasi agregat jika dipadatkan dengan *Marshall Hammer* pada sampel bagian atas, bagian tengah, bagian bawah dan sampel utuh ?

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil Vokasi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta dengan menggunakan sistem pencampuran aspal panas. Sedangkan metode pengujiannya mengacu pada Standard Nasional Indonesia (SNI) dan AASHTO yang telah disahkan.

Pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran (uji *Marshall*). Pengujian terhadap agregat termasuk analisa saringan, pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin Los Angeles, dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal AC 60/70 termasuk juga pengujian penetrasi, titik nyala-titik bakar, titik lembek, dan berat jenis.

Metode yang digunakan sebagai penguji campuran adalah metode *Marshall*, dimana dari pengujian *Marshall* tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen *Marshall*, yaitu stabilitas, *flow*, *Void in the Mineral Agregat/VMA*, Rongga di dalam campuran *Void In The Compacted Mixture/ VIM*, Rongga udara yang terisi aspal (*Voids Filled with Bitumen/ VFB*), Hasil bagi *Marshall / Marshall Quotient (MQ)*.

PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Pemeriksaan Aspal

Bahan yang digunakan untuk campuran Beton aspal pada penelitian ini terdiri dari aspal AC 60/70, agregat kasar, agregat

halus dan filler dari abu batu. Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap aspal AC 60/70, diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel 9. dengan menggunakan spesifikasi Revisi SNI 03-1737-1989 dan data selengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Aspal AC 60/70.

No	Jenis pemeriksaan	Spesifikasi	AC 60/70		Satuan
			PT. Aspal Mitra	PT. Pertamina	
1	Penetrasi 25°	60-79	69,07	62,80	0.1 mm
2	Titik lembek	48-58	55,42	53	°C
3	Titik nyala	≥ 200	322,67	228	°C
4	Titik bakar	-	324,67	-	°C
5	Berat jenis Aspal	≥ 1	1.034	1,031	gr/cc

Sumber: Analisis data, 2023

2. Pemeriksaan Agregat

Hasil pengujian terhadap agregat kasar, agregat halus dan filler serta spesifikasi Revisi SNI

03-1737-1989 dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar.

No	Jenis pemeriksaan	Sat.	Persyaratan		Hasil	
			Min.	Mak.	Suhu Ruang 32°C	Suhu Ruang 25°C
	Agregat Kasar					
1	Abrasi	%	-	40	34.57	
2	Berat jenis curah (bulk)	gr/cc	2.5	-	2.306	2,301
3	Berat jenis semu	gr/cc	2.5	-	2.377	2,372
4	Penyerapan	%	-	3	3.100	
	Agregat Halus					
1	Berat jenis curah (bulk)	gr/cc	2.5	-	2.630	2,624
2	Berat jenis semu	gr/cc	2.5	-	2.903	2,897
3	Penyerapan	%	-	3	3.573	
	Filler					
1	Berat jenis	gr/cc	2.5	-	2.565	2,559

Sumber: Analisis data, 2023

3. Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian marshall terhadap campuran beton aspal panas yaitu nilai kepadatan

(density), stabilitas (stability), VMA (voids in mineral aggregate), VFA (voids filled with asphalt), VIM (voids in the mix), kelelahan

(flow) dan Marshall Quotient (MQ) pada benda uji masing-masing kadar aspal 3 buah benda uji. Untuk mendapatkan nilai karakteristik aspal yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi Revisi SNI 03-1737-1989, maka perlu dicari kadar aspal optimum ditentukan

dengan cara percobaan pengujian marshall dengan variasi kadar aspal 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; 7%. Hasil pengujian Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum seperti ditunjukkan pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil pengujian Marshall

No	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Kadar aspal (%)				
			5	5,5	6	6,5	7
1.	Density (gr/cm ³)	-	2,31	2,31	2,32	2,33	2,33
2.	VMA (%)	>13	10,34	10,74	10,82	13,92	11,54
3.	VFB (%)	>60	9,27	24,10	38,60	60,10	66,14
4.	VIM (%)	3,5-5,5	9,39	8,20	6,67	5,20	4,20
5.	Stabilitas (kg)	>800	1320,37	1363,50	1317,69	1156,44	1100,61
6.	Flow (mm)	>3	2,97	3,00	3,03	3,07	3,10
7.	MQ(kg/mm)	>250	445,11	455,41	434,32	377,28	354,58

Sumber: Analisis data, 2023

PEMBAHASAN

1. Pemeriksaan Aspal

Dari hasil pengujian aspal AC 60/70 yang ditunjukkan pada pembahasan sebagai berikut:

a. Pemeriksaan Penetrasi Aspal AC 60/70

Dari hasil pemeriksaan penetrasi aspal AC 60/70 diperoleh nilai rata-rata penetrasi 69,07 dengan hasil tersebut maka nilai penetrasi aspal AC 60/70 memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, sehingga aspal AC 60/70 yang diperoleh dari PT. Aspal Mitra dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran beton aspal panas. Persyaratan yang ditentukan

untuk penetrasi aspal adalah 60-79.

b. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal AC 60/70

Pemeriksaan titik lembek yang untuk mengukur batas kekerasan aspal dengan cara membebani dengan bola baja dan memanaskan didalam media air. Dari hasil pengujian diperoleh nilai rata-rata suhu dari kondisi titik lembek adalah sebesar 55,42°C dan masih dalam rentang batas suhu kondisi titik lembek yang disyaratkan antara 48-58 °C.

c. Pemeriksaan Titik Nyala dan Bakar Aspal AC 60/70

Tujuan pemeriksaan suhu kondisi titik nyala dan titik

bakar adalah untuk menentukan suhu dimana aspal mulai mengalami perubahan sifat sebagai akibat pemanasan yang terlalu tinggi serta untuk mengetahui suhu maksimum dalam memanaskan aspal sehingga aspal tidak terbakar. Besarnya titik nyala yang disyaratkan untuk aspal penetrasi 60/70 minimal sebesar 200 °C dan dari hasil pemeriksaan menunjukkan titik nyala dan bakar rerata berturut-turut sebesar 322,67 °C dan 324,67 °C.

d. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal AC 60/70

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama. Persyaratan yang ditentukan untuk berat jenis aspal adalah >1 gr/cc. Dari hasil pemeriksaan menunjukkan hasil 1,037 gr/cc dengan suhu ruang 32°C, pada hasil koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil 1,034 gr/cc, sehingga aspal AC 60/70 yang diperoleh dari PT. Aspal Mitra Cilacap dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran beton aspal panas.

2. Pemeriksaan Agregat

a. Agregat Kasar

Hasil pengujian agregat kasar bantak yang ditunjukkan pada Tabel 10. bahwa agregat kasar bantak tidak memenuhi persyaratan dari SNI. Agregat kasar bantak dari merapi yang diambil dari PT. Calvary Abadi

ternyata mempunyai nilai berat jenis curah pada suhu ruang 32°C sebesar 2,306 gr/cc, pada koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil sebesar 2,301 gr/cc atau lebih kecil dari batas minimal yang disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) sebesar 2,5 gr/cc, sedangkan penyerapan air sebesar 3,1 % lebih besar dari syarat maksimum (SNI) sebesar 3%.

Untuk hasil pengujian keausan agregat kasar dengan menggunakan mesin Los Angeles, menunjukkan bahwa agregat kasar yang digunakan tahan terhadap abrasi, ini terlihat dari nilai keausan rata-rata yang diperoleh yaitu sebesar 34,57 % atau dibawah nilai yang disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu 40%.

b. Agregat Halus

Pada pengujian agregat halus bantak, hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa agregat halus bantak memiliki nilai berat jenis curah sebesar 2,630 gr/cc, pada koreksi dengan suhu 25°C didapat hasil sebesar 2,624 gr/cc atau diatas batas minimum nilai berat jenis curah yang disyaratkan yaitu sebesar 2,5 gr/cc. Nilai penyerapan air agregat halus bantak menunjukkan nilai 3,573 % atau diatas nilai maksimum yang berarti melebihi nilai maksimum penyerapan air yang disyaratkan yaitu 3%.

c. *Filler*

Pada pemeriksaan berat jenis pada *filler* diperoleh nilai sebesar 2,565 gr/cc, pada koreksi dengan suhu ruang 25°C didapat hasil sebesar 2,559 gr/cc.

3. Pengujian Marshall

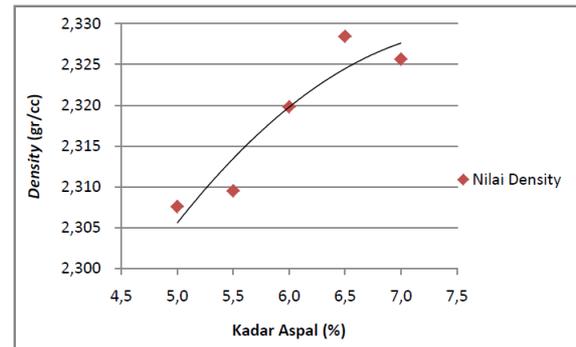
a. Kepadatan (*density*)

Kepadatan merupakan tingkat kerapatan campuran setelah dipadatkan. Kepadatan (*density*) adalah berat campuran pada setiap satuan volume,. Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah gradasi agregat, kadar aspal, berat jenis agregat, kualitas penyusunya dan proses pemadatan yang meliputi suhu dan jumlah tumbukannya. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan rendah. Berikut ini adalah tabel dan gambar hubungan kadar aspal dan kepadatan (*density*).

Tabel 4. Hasil Pengujian Kepadatan (*density*).

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai <i>Density</i> (g/cc)
I	1	5,00	2,33
	2	5,00	2,29
	3	5,00	2,30
		Rata-rata	2,31
II	1	5,50	2,26
	2	5,50	2,35
	3	5,50	2,32
		Rata-rata	2,31
	1	6,00	2,35
	2	6,00	2,32

III	3	6,00	2,29
		Rata-rata	2,32
IV	1	6,50	2,36
	2	6,50	2,34
	3	6,50	2,29
		Rata-rata	2,33
V	1	7,00	3,34
	2	7,00	2,39
	3	7,00	2,25
		Rata-rata	2,33



Gambar 1. Grafik Hubungan Kepadatan(*Density*) dan Kadar Aspal

Berdasarkan Gambar 1, Kadar Aspal 5% yaitu dengan rerata nilai 2,31%. Pada setiap penambahan kadar aspal nilai *density* mengalami peningkatan, pada kadar aspal 5,5% sebesar 0,002%. Kadar aspal 6% sebesar 0,01%, kadar aspal 6,5% sebesar 0,009%, pada kadar aspal 7% mengalami penurunan sebesar 0,003%. Nilai *density* tertinggi terdapat pada kadar aspal 6,5% dengan nilai sebesar 2,33%

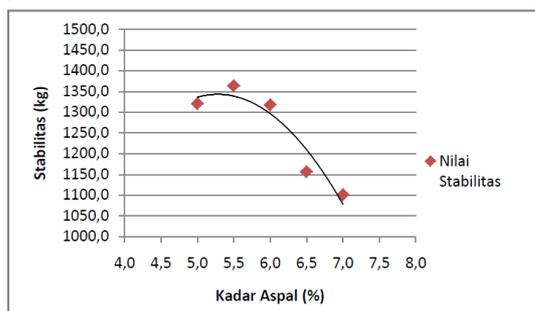
b. Stabilitas

Stabilitas campuran dalam pengujian marshall ditunjukkan dengan pembacaan nilai stabilitas yang dikoreksi dengan angka tebal benda uji. Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan deformasi

akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya, tanpa mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh gesekan antar butiran agregat (*internal friction*), penguncian antar butir agregat (*interlocking*) dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal (kohesi), disamping itu proses pemadatan, mutu agregat, dan kadar aspal juga berpengaruh.

Tabel 5. Hasil Pengujian Stabilitas Marshall.

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai Stabilitas (kg)
I	1	5,00	1305,822
	2	5,00	1353,823
	3	5,00	1301,453
		Rata-rata	1320,37
II	1	5,50	1277,526
	2	5,50	1432,073
	3	5,50	1380,899
		Rata-rata	1363,50
III	1	6,00	1341,955
	2	6,00	1242,723
	3	6,00	1368,382
		Rata-rata	1317,69
IV	1	6,50	1180,847
	2	6,50	1207,938
	3	6,50	1080,528
		Rata-rata	1156,44
V	1	7,00	992,362
	2	7,00	1114,294
	3	7,00	1195,164
		Rata-rata	1100,61



Gambar 2. Grafik hubungan kadar stabilitas dan kadar aspal.

Dari gambar 2, hubungan stabilitas dan kadar aspal di atas, pada penambahan kadar aspal 5,5% mengalami peningkatan sebesar 3,27%,

kemudian pada penambahan kadar aspal 6%, 6,5% dan 7% nilai stabilitas berturut-turut mengalami penurunan sebesar 3,36%, 15,19% dan 19,28% terhadap nilai stabilitas 5,5%. Nilai stabilitas Marshall Optimum tercapai pada campuran beton aspal dengan kadar aspal 5,5% dengan hasil rerata nilai stabilitas sebesar 1363,50 kg

Berdasarkan Revisi SNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai stabilitas minimum untuk lalu lintas berat yaitu 800 kg, sehingga semua kadar aspal yang digunakan dalam penelitian Proyek Akhir ini memenuhi persyaratan.

c. Flow

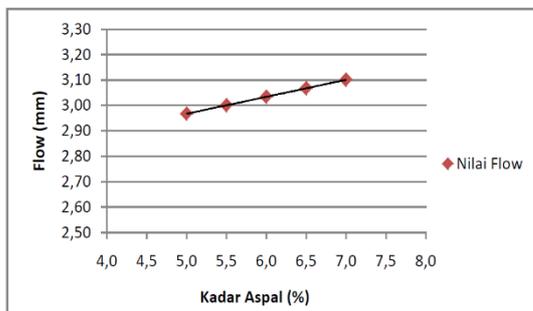
Flow atau kelelahan menunjukkan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat menahan beban yang diterimanya. Penurunan atau deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan nilai karakteristik *Marshall* lainnya, seperti VFB (*Vold Filled Bitumen*), VIM (*Void In Mix*) dan stabilitasnya. Nilai *flow* dipengaruhi antara lain oleh gradasi agregat, kadar aspal dan proses pemadatan yang meliputi suhu pemadatan dan energi pemadatan.

Campuran yang memiliki nilai kelelahan (*Flow*) yang rendah dan stabilitas yang tinggi, cenderung menjadi kaku dan getas (*brittle*), sedangkan campuran yang memiliki nilai kelelahan (*Flow*) yang tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapatkan beban lalu lintas. Aspal terdiri dari

dua komponen utama yaitu *asphalteness* dan *malteness*. *Asphalteness* yang memberikan warna cokelat atau hitam pada aspal sedangkan *malteness* dan *oil* yang juga akan mempengaruhi nilai *flow*.

Tabel 6. Hasil pengujian *flow*

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai Flow (mm)
I	1	5,00	3,
	2	5,00	3,
	3	5,00	2,
		Rata-rata	2,
II	1	5,50	3,
	2	5,50	2,
	3	5,50	3,
		Rata-rata	3,
III	1	6,00	3,
	2	6,00	3,
	3	6,00	3,
		Rata-rata	3,
IV	1	6,50	3,
	2	6,50	3,
	3	6,50	3,
		Rata-rata	3,
V	1	7,00	3,
	2	7,00	3,
	3	7,00	3,
		Rata-rata	3,



Gambar 3. Grafik hubungan *flow* dan kadar aspal

Pada penambahan kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% nilai *flow* mengalami peningkatan berturut-turut yaitu sebesar 1,12 %, 2,25%, 3,37% dan 4,49% terhadap kadar aspal 5%. Sehingga dapat disimpulkan semakin besar kadar aspal yang digunakan maka nilai *flow* juga semakin meningkat. Dari besarnya nilai *flow* tertinggi terdapat pada

kadar aspal 7% dengan rerata sebesar 3,10 mm. Sedangkan jika ditinjau dari Revisi SNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai *flow* harus >3mm. Nilai *flow* yang memenuhi persyaratan yaitu pada kadar aspal 6%, 6,5% dan 7%.

d. Void Filled Bitumen

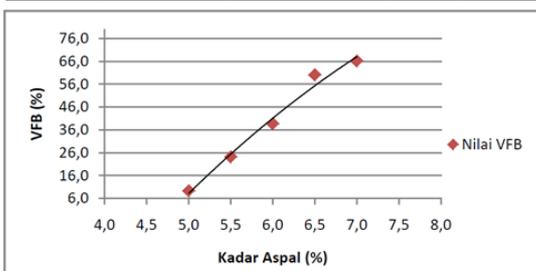
VFB (*Void Filled Bitumen*), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan, Nilai VFB ini merupakan pada sifat kekedapan air dan udara, maupun sifat elastis campuran. Nilai VFB dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: energi, suhu pemadatan, jenis dan kadar aspal, serta gradasi agregatnya.

Nilai VFB yang semakin besar berarti semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Nilai VFB yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami *bleeding* atau naiknya aspal kepermukaan.

Nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) yang terlalu kecil akan menyebabkan kekedapan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal. Dengan banyaknya rongga yang kosong, air dan udara akan mudah masuk kedalam lapis keras sehingga keawetan dari lapis keras akan berkurang.

Tabel 7. Hasil pengujian VFB (*Void Filled Bitumen*)

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai VFB (%)
I	1	5,00	10,13
	2	5,00	8,67
	3	5,00	9,01
		Rata-rata	9,27
II	1	5,50	19,59
	2	5,50	27,58
	3	5,50	25,13
		Rata-rata	24,10
III	1	6,00	42,81
	2	6,00	38,67
	3	6,00	34,31
		Rata-rata	38,60
IV	1	6,50	60,02
	2	6,50	75,20
	3	6,50	45,07
		Rata-rata	60,10
V	1	7,00	66,50
	2	7,00	82,44
	3	7,00	49,48
		Rata-rata	66,14



Gambar 4. Grafik hubungan VFB dan kadar aspal

Nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) pada kadar aspal 5% sebesar 9,27%, pada setiap penambahan kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) mengalami peningkatan berturut-turut yaitu sebesar 24,10%, 38,60%, 60,10% dan 66,14%. Sehingga dapat disimpulkan semakin besar kadar aspal VFB (*Void Filled Bitumen*) semakin meningkat. Dari grafik nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) tertinggi didapat pada kadar aspal 7% dengan nilai sebesar 66,14%. Dari persyaratan RSNi 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-

sifat campuran laston nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) harus >60%. Nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) yang memenuhi persyaratan yaitu pada kadar aspal 6,5% dan 7% memenuhi persyaratan dengan nilai sebesar 60,10% dan 66,14%.

e. *Void In Mix* (VIM)

VIM (*Void In Mix*) adalah banyaknya rongga dalam campuran yang dinyatakan dalam prosentase. Rongga udara yang terdapat dalam campuran diperlukan untuk tersedianya ruang gerak untuk unsur-unsur campuran sesuai dengan sifat elastisnya. Karena itu nilai VIM sangat menentukan karakteristik campuran. Nilai VIM (*Void In Mix*) dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal dan *density*.

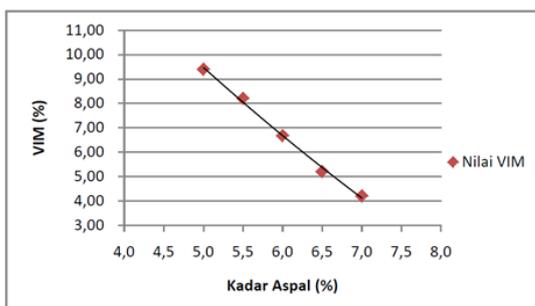
Jika nilai VIM (*Void In Mix*) yang terlalu tinggi berkurangnya keawetan dari lapis keras karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapis perkerasan. Udara akan mengoksidasi aspal sehingga selimut aspal menjadi tipis dan kohesi aspal menjadi berkurang. Jika hal ini terjadi akan menimbulkan pelepasan butiran (*raveling*), sedangkan air akan melarutkan bagian aspal yang tidak teroksidasi sehingga pengurangan jumlah aspal akan lebih cepat.

Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan mudah terjadinya *bleading*

pada lapis keras. Selain *bleading*, dengan VIM yang rendah kekakuan lapis keras akan mengalami retak (*cracking*) apabila menerima beban lalu lintas karena tidak cukup lentur untuk menerima *deformasi* yang terjadi.

Tabel 8. Hasil pengujian VIM (*Void In Mix*)

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai VIM (%)
I	1	5,	8,55
	2	5,	9,99
	3	5,	9,62
		Rata-	9,39
II	1	5,	10,20
	2	5,	6,78
	3	5,	7,62
		Rata-	8,20
III	1	6,	5,60
	2	6,	6,58
	3	6,	7,84
		Rata-	6,67
IV	1	6,	3,89
	2	6,	4,83
	3	6,	6,89
		Rata-	5,20
V	1	7,	3,72
	2	7,	1,61
	3	7,	7,26
		Rata-	4,20



Gambar 5. Grafik hubungan kadar aspal dan VIM (*Void In Mix*).

Dari Gambar 5, diperoleh nilai VIM (*Void In Mix*) pada kadar aspal 5% dengan rerata 9,39%, pada penambahan kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5% dan 7 % nilai VIM (*Void In Mix*) mengalami penurunan berturut-turut dengan rerata

8,20%, 6,67%, 5,20% dan 4,20%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar aspal yang digunakan semakin menurun nilai VIM (*Void In Mix*). Dari grafik didapat nilai VIM (*Void In Mix*) yang tertinggi yaitu pada kadar aspal 5% dengan rerata 9,39%.

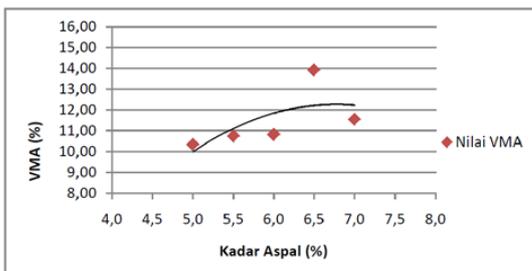
Berdasarkan persyaratan Revisi SNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VIM (*Void In Mix*) yang memenuhi persyaratan yaitu sebesar 3,5%-5,5%. Nilai VIM (*Void In Mix*) yang memenuhi persyaratan yaitu pada kadar aspal 6,6% dan 7% dengan rerata sebesar 5,20% dan 4,20

f. VMA (*Void In Mineral Aggregate*)

VMA (*Void In Mineral Aggregate*) adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran beraspal panas yang sudah didapatkan termasuk ruang yang terisi aspal. VMA dinyatakan dalam prosentase dari campuran beraspal panas. VMA digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas, besarnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan. Hubungan antara VMA dengan kadar aspal dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini.

Tabel 9. Hasil pengujian VMA (*Void In Mineral Aggregate*)

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal	Nilai VMA (%)
I	1	5,00	9,52
	2	5,00	10,94
	3	5,00	10,57
		Rata-rata	10,34
II	1	5,50	12,69
	2	5,50	9,36
	3	5,50	10,18
		Rata-rata	10,74
III	1	6,00	9,79
	2	6,00	10,73
	3	6,00	11,93
		Rata-rata	10,82
IV	1	6,50	9,73
	2	6,50	19,47
	3	6,50	12,55
		Rata-rata	13,92
V	1	7,00	11,10
	2	7,00	9,15
	3	7,00	14,38
		Rata-rata	11,54



Gambar 6. Grafik hubungan VMA dan kadar aspal

Nilai VMA (*Void In Mineral Aggregate*) pada kadar aspal 5% dengan rerata sebesar 10,34%, pada penambahan kadar aspal 5,5%, 6% dan 6,5% mengalami kenaikan sebesar 10,74%, 10,82% dan 13,92%. Sedangkan pada penambahan kadar aspal 7% mengalami penurunan dengan rerata sebesar 11,54%. Ditinjau dari Revisi SNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VMA (*Void In Mineral Aggregate*) minimal sebesar >13%, jadi nilai VMA (*Void In Mineral*

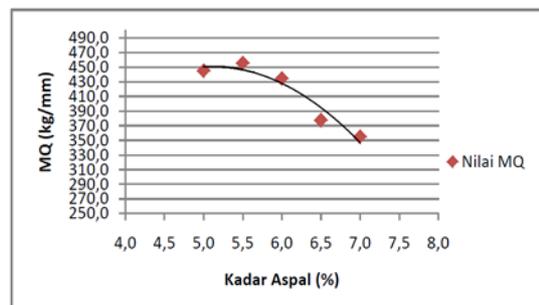
Aggregate) yang memenuhi persyaratan yaitu pada kadar aspal 6,5% dengan rerata sebesar 13,92%.

g. Marshall Quotient (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan (*flow*) dan merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* (QM) berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil *Marshall Quotient* (QM) maka perkerasannya semakin lentur.

Tabel 10. Hasil pengujian *Marshall Quotient* (MQ)

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Marshall Quotient (kg/mm)
I	1	5,00	435,27
	2	5,00	451,27
	3	5,00	448,78
		Rata-rata	445,11
II	1	5,50	412,11
	2	5,50	493,82
	3	5,50	460,30
		Rata-rata	455,41
III	1	6,00	447,32
	2	6,00	414,24
	3	6,00	441,41
		Rata-rata	434,32
IV	1	6,50	393,62
	2	6,50	389,66
	3	6,50	348,56
		Rata-rata	377,28
V	1	7,00	330,79
	2	7,00	359,45
	3	7,00	373,49
		Rata-rata	354,58

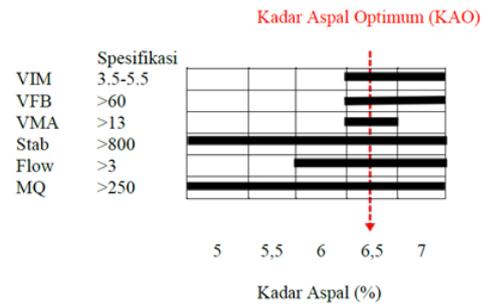


Gambar 7. Grafik hubungan MQ (*Marshall Quotient*) dan kadar aspal.

Dari Gambar 7. hubungan MQ (*Marshall Quotient*) dan kadar aspal, pada penambahan kadar aspal 5,5% mengalami kenaikan sebesar 2,31%, kemudian pada penambahan kadar aspal 6%, 6,5% dan 7% nilai MQ (*Marshall Quotient*) berturut-turut mengalami penurunan sebesar 4,63%, 17,16% dan 22,14% terhadap kadar aspal 5,5%. Dari gambar 25 menunjukkan bahwa campuran beton aspal dengan kadar aspal 5,5% memiliki nilai MQ (*Marshall Quotient*) maksimum yaitu 455,10 kg/mm. Secara keseluruhan campuran beton aspal menggunakan agregat bantak memenuhi syarat MQ berdasar Revisi SNI 03-1737-1989 yaitu > 250 kg/mm.

h. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat tercapai mencapai persyaratan Stabilitas, *Flow*, *VMA*, *VIM*, *density* dan *Marshall Quotient*. Penentuan kadar aspal optimum 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



Gambar 8. Grafik penentuan Kadar Aspal Optimum

- 1) Nilai VIM memenuhi syarat pada kadar aspal 6,5% dan 7%.
- 2) Nilai VFB memenuhi syarat pada kadar aspal 6,5% dan 7%.
- 3) Nilai VMA yang memenuhi syarat yaitu pada kadar aspal 6,5%.
- 4) Kadar aspal 5% sampai 7% memenuhi syarat nilai stabilitas.
- 5) Pada kadar Aspal 6%, 6,5% dan 7% memenuhi persyaratan nilai *Flow* yang ditentukan.
- 6) Pada nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) kadar aspal 6,5% memenuhi semua persyaratan VIM, VFB, Stabilitas, *Flow* dan MQ.

KESIMPULAN

1. Kadar aspal optimum untuk digunakan sebagai campuran aspal beton dengan menggunakan AC 60/70 dan agregat adalah kadar aspal 6,5%.
2. Hasil pengujian karakteristik Marshall pada Kadar Aspal Optimum 6,5% adalah sebagai berikut:
 - a. Nilai *Density* diperoleh sebesar 2,33 gr/cc.

- b. Nilai VMA (*Void in Mineral Agregat*) sebesar 13,92%.
- c. Nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) sebesar 60,10%.
- d. Nilai VIM (*Void In Mix*) sebesar 5,2%.
- e. Nilai *Stabilitas* Marshall sebesar 1156,44 kg.
- f. Nilai *Flow* (kelelehan) sebesar 3,07 mm.
- g. Marshall Quotient diperoleh sebesar 377,28 kg/mm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Akmil, dan rekans dosen atas publikasi artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrams, Duff, 1919, *Teknologi Beton*, Terjemahan Indonesia, Gramedia, Jakarta.
- Antono, A., 1995, *Teknik Beton*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- ASTM, "ASTM Annual Book of ASTM Standards Section 4 Volume 04. 02." ASTM 100 West Conshocken, PA.
- Dipohusodo, Istimawan, 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Mulyono Tri, MT, 2003 : *Teknologi Beton*, Penerbit Andi Yogyakarta.
- Murdock, L.J, & Brook K.M, 1986, "*Bahan dan Praktek Beton*", Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Namy Edward G, Tavio dan Kusuma Benny, 2010 : *Beton Bertulang Edisi Kelima Edisi Tata Cara ACI 318-05*, ITS Surabaya.
- Nasution Amrinsyah, 2009 : *Analisa dan Desain Struktur Beton Bertulang*, ITB Bandung.
- Nawy, Edward G, 1998, *Beton Bertulang*, PT Refika Aditama, Bandung.
- Nugraha Paul dan Antoni, 2007 : *Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*, Universitas Kristen Petra Surabaya.
- SK SNI T-15-1990-03, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Yayasan LPMB, Bandung.
- SK SNI T-15-1991-03, *Departemen Pekerjaan Umum RI*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- SNI 15-2049-1994 *Portland Semen*, Jakarta.
- Suparma, 1997, *Hukum Darcy*, UGM Yogyakarta.
- Sutikno, 2003 : 2. *Penjelasan Beton*, UGM Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1996, *Teknologi Beton*, Yogyakarta : Nafiri.

Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1995,
TEKNOLOGI BETON, Jurusan
Teknik Sipil Fakultas Teknik
UGM, Yogyakarta.

Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1992,
TEKNOLOGI BETON, Biro
Penerbit, Yogyakarta.

<http://properti.kompas.com/.Rembesan.Air> di unduh tanggal 5 Januari 2014.

<http://syaiful-beton.blogspot.com/>
di unduh tanggal 16 November
2013.

<http://www.ilmusipil.com/pengertian-beton-adalah> di unduh
tanggal 15 November 2013.