

Karakteristik Uji Marshall Pada Campuran Split Mastic Asphalt (SMA)

Am Arif Rahman Ra¹⁾

Sasana Putra²⁾

Rahayu Sulistyorini³⁾

Dwi Herianto⁴⁾

Abstract

In Indonesia, many roads are damaged before their planned life is reached. The damage included potholes, cracked roads and peeling of the road surface. One of the asphalt concrete mixtures that is still rarely tested is road pavement using a mixture of Split Mastic Asphalt (SMA) which has a coarse aggregate content and a higher asphalt content which makes its friction resistance higher, more resistant to deformation and not easy to crack. This study uses a comparative analysis method of parameter values and Marshall characteristics of the mixture. Comparing the values of stability, flow, VIM, VMA, VFA, and IKS with 2 variations of immersion during normal soaking of 30 minutes and 24 hours of the Split Mastic Asphalt (SMA) mixture and the AC mixture. The results of this study obtained that the stability and VIM values of the SMA mixture were smaller than the AC mixture but the values of flow, VMA, and VFA were greater, which made the SMA mixture more resistant to deformation and higher frictional resistance due to the higher content of coarse aggregate. more and more durable and not easy to crack because the asphalt content is higher than the AC mixture.

Key words : Marshall characteristics, comparison, Split Mastic Asphalt, Asphalt Concrete.

Abstrak

Di Indonesia banyak jalan yang mengalami kerusakan sebelum umur rencananya tercapai. Kerusakan tersebut diantaranya yaitu jalan yang berlubang, jalan yang mengalami keretakan serta pengelupasan pada permukaan jalan. Salah satu campuran beton aspal yang masih jarang ditemukan pengujiannya yaitu perkerasan jalan yang menggunakan campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) yang memiliki kandungan agregat kasar dan kadar aspal yang lebih tinggi yang membuat ketahanan geseknya lebih tinggi, lebih tahan terhadap deformasi dan tidak mudah retak. Penelitian ini menggunakan metode analisa perbandingan dari nilai parameter dan karakteristik *marshall* dari campuran. Membandingkan nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, Dan IKS dengan 2 variasi rendaman selama rendaman normal 30 menit dan 24 jam dari campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) dan campuran AC. Hasil penelitian ini diperoleh nilai stabilitas dan VIM dari campuran SMA yang lebih kecil dibandingkan campuran AC namun didapatkan nilai *flow*, VMA, dan VFA yang lebih besar yang membuat campuran SMA memiliki keunggulan lebih tahan terhadap deformasi dan ketahanan gesek yang lebih tinggi karena kandungan agregat kasar yang lebih banyak dan lebih awet dan tidak mudah retak karena kandungan kadar aspal yang lebih banyak dibandingkan campuran AC.

Kata kunci : Karakteristik *marshall*, Perbandingan, SMA (*Split Mastic Asphalt*), AC (*Asphalt Concrete*).

¹⁾ Mahasiswa pada Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Surel: rarif4734@gmail.com

²⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

I. PENDAHULUAN

Lapisan perkerasan jalan merupakan bagian penting dari struktur konstruksi jalan dalam mendukung beban lalu lintas kendaraan. Di Indonesia banyak jalan yang mengalami kerusakan sebelum umur rencananya tercapai. Kerusakan tersebut diantaranya yaitu jalan yang berlubang, jalan yang mengalami keretakan serta pengelupasan pada permukaan jalan. Banyak penelitian terus dikembangkan guna meningkatkan kualitas pada perkerasan dan mengantisipasi kerusakan sebelum waktunya.

Jenis perkerasan yang biasa digunakan adalah perkerasan lentur, sedangkan jenis campurannya menggunakan *Asphalt Concrete* (AC) atau sering disebut Lapis aspal beton yang dibuat dengan campuran panas (*Hot Mix*). *Asphalt Concrete* terdiri dari Lapis Aus (*AC-Wearing Course*) Lapis Antara (*AC-Binder Course*) dan Lapis Pondasi (*AC-Base Course*). *Asphalt Concrete* memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi sehingga penempatan langsung di atas lapisan seperti lapisan aus (*AC-Wearing Course*) membuat lapisan ini rentan terhadap kerusakan akibat temperatur yang tinggi dan beban lalu lintas berat. Jenis kerusakan yang sering terjadi pada laston adalah pelepasan pada butir agregat dan retak.

Dari permasalahan diatas, perlu dilakukannya penelitian dan analisa perbandingan dengan menggunakan tipe campuran lain, salah satu campuran beton aspal yang masih jarang ditemukan pengujiannya yaitu perkerasan jalan yang menggunakan campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA). SMA merupakan campuran gradasi timpang dengan persentase agregat kasar yang tinggi. SMA mempunyai kekurangan yaitu biaya yang relatif lebih mahal dibandingkan dengan campuran beraspal konvensional, sekitar 10-20% yang diakibatkan oleh penggunaan kadar aspal yang tinggi namun campuran SMA lebih tahan terhadap deformasi, mempunyai *skid Resistance* tinggi karena kadar agregat kasarnya lebih banyak dan mempunyai kecenderungan lebih tahan lama, karena kadar aspalnya tinggi sehingga lebih dapat melayani kendaraan berat dengan lebih baik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan. Fungsi perkerasan adalah untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman, serta sebelum umur rencananya tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis.

2.2. *Split Mastic Asphalt* (SMA)

Split Mastic Asphalt (SMA) adalah campuran agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi, aspal dan bahan tambah, atau merupakan campuran beton aspal panas bergradasi terbuka yang terdiri dari campuran split, mastik aspal, serta bahan tambah. Menurut (Tahir, 2011) Pada dasarnya campuran *Split Mastic Asphalt* terdiri dari 3 unsur, dimana agregat sebagai bahan utama, aspal, serta sebagai bahan tambahan.

2.3. Aspal

Aspal merupakan material yang paling umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai aspal. Menurut (Sukirman, 2016) Aspal adalah material termoplastik yang akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Fungsi kandungan aspal dalam campuran dapat berperan sebagai selimut agregat dalam bentuk *film* aspal yang berfungsi menahan gaya gesek permukaan dan mengurangi kandungan pori udara yang juga berarti mengurangi infiltrasi air ke dalam campuran.

2.3.1 Lapisan Aspal Beton

Lapisan aspal beton (Laston) merupakan campuran agregat halus dan agregat kasar, dan bahan pengisi (*filler*) dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi panas yang tinggi. Lapis ini digunakan sebagai lapis permukaan struktural dan lapis pondasi, (*Asphalt Concrete Base/Asphalt Treated Base*). Sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam jenis campuran yaitu: Lapisan lapis aus AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), Lapisan lapis antara AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), lapisan pondasi AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*).

2.4 Agregat

Menurut (Maryoko, 2015), Agregat merupakan butir mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu- batuan atau juga berupa mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton dan memiliki peranan penting pada beton. Kandungan agregat pada beton mencapai 70-75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton sehingga pemilihan agregat termasuk bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi menjadi dua macam yaitu agregat kasar dan agregat halus yang didapat secara alami atau buatan.

2.4.1 Klasifikasi Agregat Berdasarkan Ukurannya

1. Agregat kasar, yaitu yang tertahan ayakan No.8 atau berukuran $> 2,36$ mm
2. Agregat halus, yaitu yang lolos ayakan No.8 atau berukuran $< 2,36$ mm
3. Bahan pengisi (*filler*), termasuk agregat halus yang sebagian besar lolos saringan No. 200 atau berukuran < 75 mikron.

2.4.2 Gradasi Agregat

Gradasi merupakan distribusi partikel agregat yang berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing - masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. (Permana, 2015) Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan. Menurut (Indira et al., 2017) Gradasi adalah salah satu sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan dari perkerasan. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada saringan.

2.5 Karakteristik Uji Marshall

Metode *Marshall* adalah metode yang paling umum distandarisasikan dan digunakan dalam *American Society for Testing and Material* 1993 (ASTM D, 1997). Parameter *Marshall* terdiri dari 3 parameter yaitu beban maksimum yang dapat diterima benda uji sebelum hancur atau disebut dengan *Marshall Stability*, deformasi permanen dari benda uji sebelum hancur atau disebut *Marshall Flow*, dan turunan atau perbandingan antara *Marshall Stability* dan *Marshall Flow* yang biasa disebut *Marshall Quotient* (MQ). Adapun beberapa karakteristik *Marshall* campuran aspal panas ditunjukkan pada nilai-nilai

sebagai berikut: Stabilitas (*Stability*), Kelelahan (*Flow*), Rongga dalam Campuran (*VIM*), Rongga dalam Agregat (*VMA*), Rongga Terisi oleh Aspal (*VFA*).

2.6 Indeks Kekuatan Sisa.

IKS (Indeks Kekuatan Sisa) diperoleh melalui pengujian terhadap sifat mekanik benda uji (stabilitas dan *flow*) yang dibagi menjadi dua kelompok yaitu diuji stabilitas *Marshall*-nya setelah perendaman dalam air pada suhu 60°C selama waktu T1 dan waktu T2. Dari kedua perendaman tersebut didapat nilai stabilitas *Marshall*, ditentukan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) *Marshall* dengan menggunakan persamaan yang dikemukakan HUNTER dalam (Ratih, 2018) sebagai berikut:

$$IKS = \frac{S1}{S2} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

IKS = Indeks Kekuatan Sisa (%)

S1 = Nilai rata-rata stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama T1 (Kg)

S2 = Nilai rata-rata stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama T2 (Kg)

Nilai IKS yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah minimum 90%. Nilai tersebut menandakan bahwa campuran aspal masih dianggap cukup tahan terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh pengaruh air.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Untuk lokasi penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3.2 Bahan-bahan Penelitian

Material yang penulis persiapkan untuk penelitian ini yaitu agregat kasar, agregat halus *filler* dan aspal.

3.3 Peralatan Penelitian

Peralatan penelitian yang penulis persiapkan untuk penelitian ini yaitu satu set alat saringan, alat uji pemeriksaan agregat, dan alat uji karakteristik campuran agregat dan aspal.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang akan dilakukan pada penelitian akan dijelaskan sebagai berikut:

3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur digunakan sebagai referensi teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Referensi ini didapatkan dari buku, jurnal, artikel, dan laporan penelitian.

3.4.2 Pengambilan Bahan Penelitian

Pada tahap ini dilakukan proses penyiapan bahan dan pengecekan peralatan yang akan digunakan. Persiapan bahan meliputi agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan semua bahan yang dibutuhkan, lalu didatangkan ke Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung untuk dilakukan pengujian dan penelitian.

3.4.3 Pengujian Bahan

Pengujian terhadap sifat material pembentuk bahan perkerasan, agar bahan material tersebut sesuai dengan standar/spesifikasi yang disyaratkan yaitu sebagai berikut: Pengujian analisis saringan (*sieve analysis*). Hal ini bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat per saringan agar dapat digunakan kembali menjadi bahan campuran perkerasan yang baru dan dikombinasikan dengan penambahan bahan agregat baru.

a) Agregat kasar, Agregat halus, dan *filler*

Pengujian agregat diperlukan sebagai bahan pengisi pada campuran beraspal dengan komposisi gradasi sesuai dengan gradasi terpakai yang memenuhi spesifikasi yang ada. Pada agregat kasar, agregat halus, dan filler dilakukan pengujian analisa saringan, berat jenis, dan penyerapan.

b) Aspal Penetrasi 60/70

Pengujian aspal dilakukan dengan melakukan uji penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis, dan kehilangan berat.

3.4.4 Mencari Kadar Aspal Optimum

Langkah pertama yang dilakukan dalam tahap ini adalah menentukan Pb, yaitu kadar aspal yang digunakan sebagai perkiraan awal kadar aspal rancangan yang dapat dinyatakan dalam persamaan berikut: $Pb = 0,035 CA + 0,045 FA + 0,18 \text{ filler} + \text{konstanta}$ Dimana: Pb: kadar aspal semen minimum CA: agregat kasar yang tertahan saringan No.4, FA: agregat halus yang lolos saringan No.4 dan Filler: agregat halus lolos saringan No.200. Setelah didapat nilai Pb, diambil 5 kadar aspal yang ditentukan dengan nilai Pb sebagai nilai tengah, kemudian diambil 4 kadar aspal berbeda lainnya yaitu $\pm 0,5$ dengan ketentuan: $Pb - 1$, $Pb - 0,5$, Pb , $Pb + 0,5$, $Pb + 1$.

3.4.5 Pembuatan dan Pengujian Stabilitas Benda Uji

a) Menimbang agregat sesuai dengan persentase agregat campuran yang telah dihitung, kemudian benda uji dibuat sebanyak tiga buah pada masing-masing variasi Kadar Aspal Optimum (KAO).

b) Lalu masukan bahan agregat kedalam oven selama ± 4 jam sehingga didapatkan berat kering dan menghitung kembali kadar aspal berdasarkan berat agregat setelah dioven.

c) Mencampurkan agregat sesuai KAO, jumlah sampel sebanyak 15 sampel agregat baru berdasarkan nilai tengah, dari hasil KAO dibuat 6 sampel dengan dua kondisi rendaman, rendaman selama 30 menit dan 24 jam, jadi jumlah total sampel sebanyak 21 sampel.

d) Sebelum dilakukan pemadatan, terlebih dahulu memanaskan cetakan yang akan digunakan dengan tujuan agar tidak terjadi penurunan suhu yang terlalu signifikan campuran pada sampel. Cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan tinggi standar 6,35 cm dan diameter 10,16 cm.

e) Memasukkan campuran dalam cetakan per 1/3 dan 1/2 tinggi cetakan kemudian memadatkannya menggunakan pemadat pipih yang dimaksudkan agar tidak terjadi rongga pada sampel dan melakukan pemadatan dengan alat *compactor* terhadap sampel sebanyak 2 x 75 tumbukan dengan suhu 150°C.

f) Setelah itu benda uji didiamkan selama kurang lebih 24 jam agar suhu pada benda uji menurun, kemudian benda uji dikeluarkan menggunakan *ejector* dan diberi kode sampel sesuai dengan jenis sampel, hal tersebut untuk memudahkan pada saat pengujian.

g) Lalu benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm di ketiga sisi benda uji dan ditimbang beratnya untuk mendapatkan berat benda uji kering.

h) Merendam benda uji dalam bak air selama 30 menit untuk mengetahui kadar penyerapan air.

- i) Setelah itu menimbang benda uji dalam air untuk mengetahui berat jenuh pada masing-masing sampel.
- j) Setelah menimbang berat jenuh, kemudian benda uji dikeringkan menggunakan kain lap sehingga didapatkan benda uji kering permukaan dan menimbang benda uji menggunakan ketelitian 0,1 gr lalu didapatkan berat benda uji kering permukaan jenuh atau SSD (*Saturated Surface Dry*).

3.4.6 Pengujian menggunakan alat Marshall

Pengujian *Marshall* dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan (*flow*) pada campuran beraspal yang mengacu pada SNI 06-2489-1991 dan akan dilakukan pengujian percobaan sesuai dengan kondisi cuaca di Indonesia yang mempunyai dua musim yaitu musim panas dan musim penghujan, pengujian akan disimulasikan dengan suhu perendaman 60°C.

3.4.7 Menghitung Parameter *Marshall*

Setelah pengujian menggunakan alat *Marshall* selesai maka akan didapatkan nilai stabilitas dan *flow*, selanjutnya dilakukan perhitungan parameter *Marshall* yaitu: *Void In The Mix* (VIM), *Void In Mineral Aggregate* (VMA), dan *Void Filled With Asphalt* (VFA) yang ada pada spesifikasi campuran dengan menggambarkan hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall*.

3.4.8 Menghitung Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Setelah didapatkan nilai KAO sebanyak 3 sampel, selanjutnya dilakukan 2 variasi perendaman selama 30 menit dan 24 jam, dan didapatkan nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

3.4.9 Pengolahan dan Pembahasan Hasil

Berdasarkan data yang telah didapatkan pada saat penelitian di Laboratorium, akan dilakukan analisa pengolahan data. Hasil penelitian juga diperoleh nilai karakteristik *Marshall*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal dengan penetrasi 60/70, pengujian pada aspal meliputi uji untuk berat jenis, pentrasi, daktalitas dan titik lembek. Hasil pengujian pada aspal dijelaskan pada dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian Aspal

No	Jenis	Satuan	Metode Uji	Spesifikasi	Hasil
1	Penetrasi	0,1 mm	SNI 06-2489-1991	Min. 40	
2	Penguji				

4.2 Hasil Pengujian Agregat

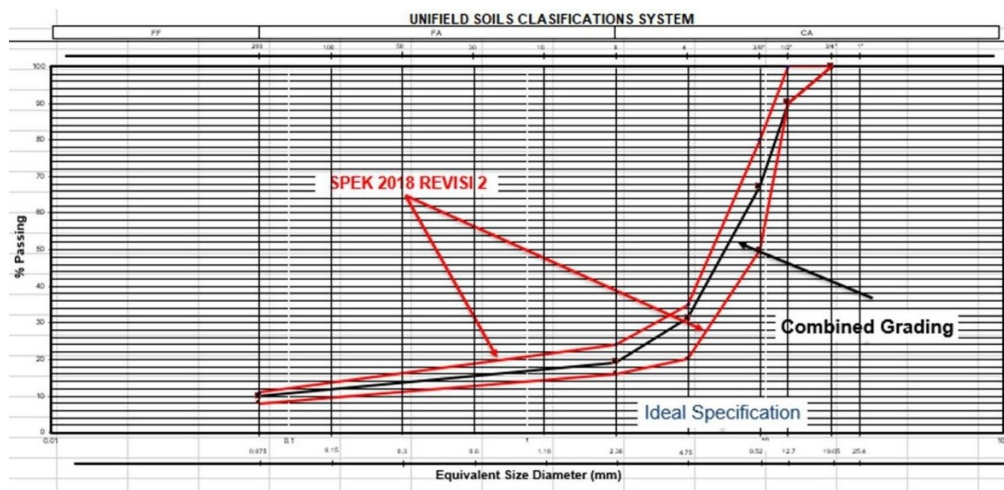
Agregat yang digunakan dalam campuran AC-WC terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Sebelum agregat digunakan, dilakukan pengujian *properties*. Hasil pengujian agregat terdapat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat

No	Jenis Pengujian	Satuan	Syarat	Hasil
A Agregat Kasar (SNI 03-1969-1990)				
1	Berat jenis <i>bulk</i>	gr/cm	>2,5	2,565
2	Berat jenis SSD		>2,5	2,5933
3	Berat jenis semu		>2,5	2,6771
4	Penyerapan	%	<3	1,9636
B Agregat Butir Tengah (SNI 03-1969-1990)				
1	Berat jenis <i>bulk</i>	gr/cm	>2,5	2,565
2	Berat jenis SSD		>2,5	2,6052
3	Berat jenis semu		>2,5	2,6725
4	Penyerapan	%	<3	1,5721
C Abu Batu (SNI 03-1969-1990)				
1	Berat jenis <i>bulk</i>	gr/cm	>2,5	2,6273
2	Berat jenis SSD		>2,5	2,6573
3	Berat jenis semu		>2,5	2,7084
4	Penyerapan	%	<3	1,1409
D Los Angeles Test (SNI 03-2417:2008)		%	Maks 40	15.772
E Aggregate Impact Value (BS 812:part 3 :		%	Maks 30	6.013
F Aggregate Crushing Value (BS 812:part 3 :		%	Maks 30	0.91

4.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan

Pada penelitian ini, dilakukan *shieve analysis* (analisa saringan). Pengujian agregat diperlukan sebagai bahan pengisi pada campuran beraspal dengan komposisi gradasi sesuai dengan gradasi terpakai yang memenuhi spesifikasi yang ada. Pembuatan rancangan campuran *shieve analysis* dimulai dari pengujian karakteristik aspal dengan penetrasi 60/70.



Gambar 1. Grafik Gradasi Kombinasi Analisa Saringan.

4.4 Kadar Aspal Optimum (KAO)

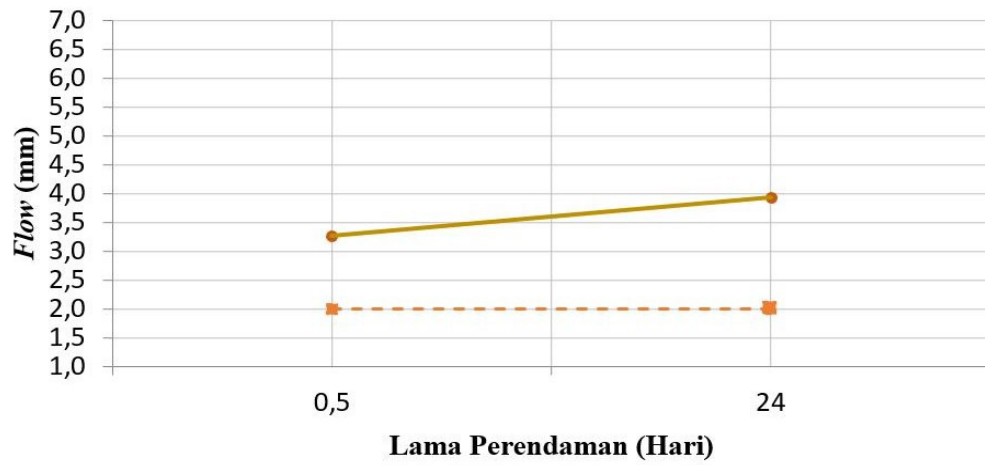
Berdasarkan P_b yang diperoleh, maka kadar aspal rencana yang digunakan untuk memperoleh KAO yaitu sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%, setelah seluruh persyaratan material, berat jenis, serta kadar aspal rencana terpenuhi maka dapat dilakukannya pengujian *Marshall* untuk memperoleh sifat dari campuran beraspal tersebut. Pada penelitian ini benda uji yang digunakan untuk memperoleh KAO sebanyak 15 benda uji berdasarkan nilai P_b . Dalam penelitian ini didapat kadar aspal optimum campuran *Split Mastic Asphalt* sebagai berikut:

Gambar 2. Grafik Kadar Aspal Optimum.

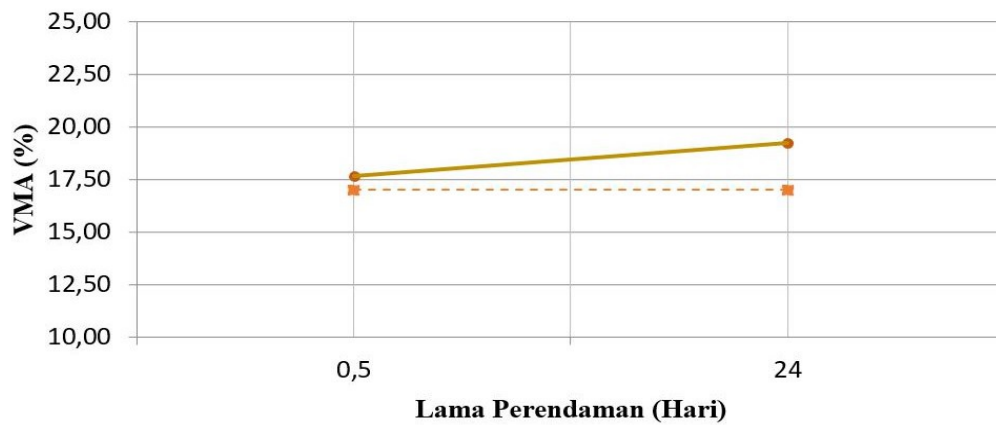
4.5 Hasil Pengujian Marshall Pada KAO

Pengujian *marshall* ini digunakan untuk mengetahui nilai karakteristik marshall dengan beberapa parameter yaitu Stabilitas, Kelelehan (*flow*), VIM (*Void In Mixture*), VMA (*Void In Mineral Aggregate*) dan VFA (*Void Filled With Asphalt*) Pada pengujian ini menggunakan benda uji dengan campuran beraspal *Split Mastic Asphalt*. Metode pengujian yang dilakukan yaitu dengan dua variasi rendaman yaitu 30 menit dan 24 jam dalam *waterbath* pada suhu 60°C. Pengujian ini menggunakan 3 sampel benda uji pada masing-masing rendamannya, yaitu 3 sampel pada rendaman 30 menit dan 3 sampel pada rendaman 24 jam, setelah dilakukan pengujian dan perendaman, maka akan didapatkan hasil pengujian *Marshall* yang dimana memenuhi spesifikasi Bina Marga atau tidak memenuhi spesifikasi, kurva hasil pengujian dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah.

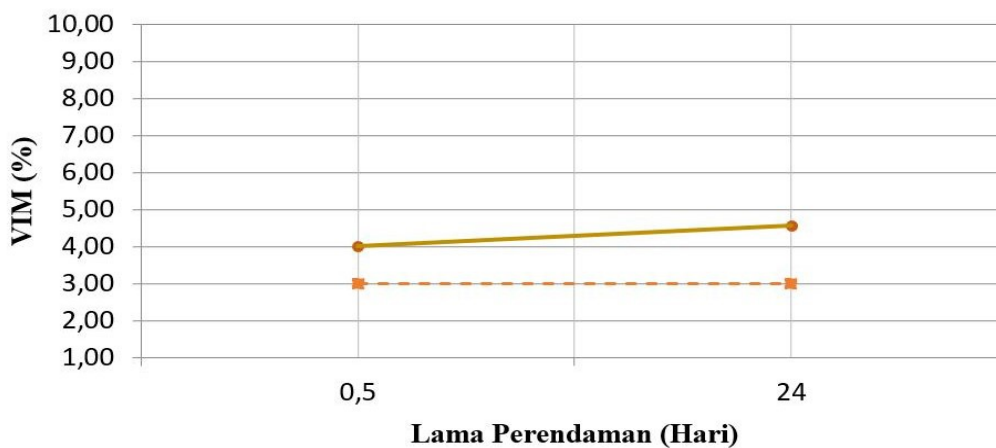
Gambar 3. Kurva Stabilitas hasil uji *marshall* pasca perendaman



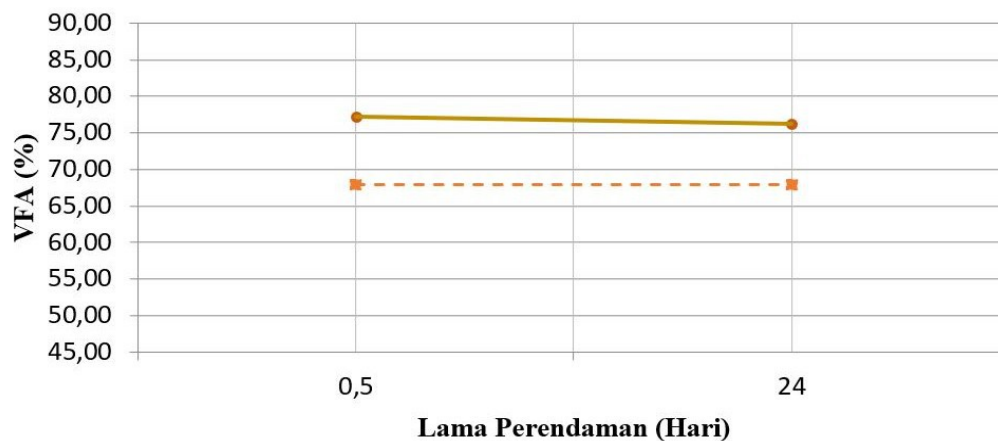
Gambar 4. Kurva Flow hasil uji *marshall* pasca perendaman



Gambar 5. Kurva VMA hasil uji *marshall* pasca perendaman



Gambar 6. Kurva VIM hasil uji *marshall* pasca perendaman



Gambar 7. Kurva VFA hasil uji *marshall* pasca perendaman

Kurva hasil uji *marshall* pasca perendaman diatas setelah dilakukan uji rendaman selama 30 menit dan 24 jam dalam *waterbath* pada suhu 60°C, nilai stabilitas dan VFA mengalami penurunan dan nilai VMA, VIM, dan *flow* mengalami kenaikan.

4.6 Hasil Perhitungan Indeks Kekuatan Sisa

Kinerja durabilitas campuran beraspal *Split Mastic Asphalt* (SMA) terhadap pengaruh lama perendaman dapat dilihat dari nilai Indeks Kekuatan Sisa.

Tabel 3. Perhitungan Indeks Kekuatan Sisa

No Benda Uji	Stabilitas Awal (Kg)	Stabilitas Setelah Perendaman (Kg)	IKS (%)
1	648,004	638,354	98,51
2	644,689	606,607	94,09
3	712,366	668,077	93,78
Rata-rata	668,353	637,679	95,41

Terlihat pada tabel diatas bahwa nilai IKS pada rendaman 24 jam dalam *waterbath* pada suhu 60°C adalah 95,41% dan memenuhi Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 yang dimana untuk standar yang sudah ditetapkan minimum 90% atau >90%.

4.7 Perbandingan Hasil Penelitian Dengan Hasil Studi Terdahulu

4.7.1 Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum yaitu suatu kadar aspal yang memberikan stabilitas tertinggi pada lapisan perkerasan, dimana persyaratan yang lainnya juga dipenuhi, seperti nilai Flow, VIM, VMA, VFA. Perbedaan nilai kadar aspal akan mempengaruhi nilai parameter *marshall*. Kadar aspal yang rendah dalam suatu campuran akan mengakibatkan lapis perkerasan mengalami retak-retak, demikian juga kadar aspal yang berlebihan membuat lapis perkerasan mengalami *bleeding*. oleh sebab itu kadar aspal yang diperlukan dalam suatu campuran lapis perkerasan adalah kadar aspal optimum, yaitu suatu kadar aspal yang memberikan stabilitas tertinggi pada lapis perkerasan.

Tabel 4. Pengaruh Perbedaan KAO Pada Hasil Uji Marshall

Tipe Campuran	No Benda Uji	KAO (%)	BJ Aspal (gr/cm ³)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)
SMA	1	6,1	1,0148	668,353	3,27	17,68	4,03	73,301
	1	7,25	1,04	869	3,76	20,06	3,96	80,25
SMA 2	2	7	-	750,71	3,47	20,51	4,19	80,17
	3	7	1,032	805,06	3,67	17,86	3,19	82,135
	4	7,1	1,102	923,6	3,53	17,86	3,42	80,9
Rata-rata		7,09	1,0472	837,09	3,61	19,07	3,69	80,86
AC-WC	1	6,25	1,0148	1148,5	3,9	18,77	4,2	77,74
	2	5,7	1,023	1276,7	3,76	15,15	4,68	69,1
	3	5	-	1111	3,6	16,2	4,5	72,8
	4	5,5	1,002	1022,1	3,36	15,2	4,58	70,02
	5	5,9	1,038	970,79	2,73	16,83	3,2	81
Rata-rata		5,67	1,0195	1105,82	3,47	16,43	4,232	74,13
AC-BC	1	5,5	-	1167,61	3,3	15,34	4,42	71,21
	2	5,5	1,049	1700	3	14,3	4,5	68
	3	5,285	1,02	958,49	4,1	17,86	5,4	69,88
	4	6	1,052	1331,56	2,42	17,32	3,55	79,48
	5	6	-	1430,19	3,92	14,95	4,43	70,48
Rata-rata		5,66	1,0403	1317,57	3,348	15,954	4,46	71,79
AC-Base	1	6	-	1949	4,51	14,177	4,198	70,402
	2	5	1,03	2387,38	4,9	14,15	4,08	72,2
	3	6	1,025	3063,5	5,7	17,31	4,2	75,74
	4	5,5	1,015	2977	3,8	16,32	4,24	74,05
	5	5,5	1,03	1822,52	3,07	15,64	3,11	80,26
Rata-rata		5,6	1,025	2439,88	4,40	15,52	3,97	74,53

4.7.2 Stabilitas

Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (kohesi) dan kadar aspal dalam campuran. Pada tabel diatas didapatkan nilai rata-rata hasil uji *marshall* dari masing-masing campuran beraspal, pada penelitian ini didapatkan nilai stabilitas sebesar 668,35 pada campuran SMA, dan didapatkan rata-rata sebesar 837,09 pada campuran SMA penelitian terdahulu, 1105,82 pada campuran AC-WC, 1317,57 pada campuran AC-BC, dan nilai stabilitas sebesar 2439,88 pada campuran AC-Base

4.7.3 Flow

Nilai kelelahan yang diperoleh dari uji *marshall* adalah nilai batas kekuatan stabilitas dari benda uji yang telah mengalami kehancuran antara komponen bahan pada benda uji. Dapat dilihat pada tabel diatas, nilai *flow* rata-rata yang didapat pada masing-masing campuran beraspal yaitu sebesar 3,27 pada campuran SMA pada penelitian ini, 3,61 pada campuran SMA pada penelitian terdahulu, sebesar 3,47 pada campuran AC-WC, sebesar 3,35 pada campuran AC-BC, dan 4,40 pada campuran AC-Base, semua tipe campuran memenuhi syarat minimum Bina Marga yaitu 2 - 4,5 pada campuran SMA, 2 - 4 pada campuran AC-WC dan AC-BC, dan 3 - 6 pada campuran AC-Base

4.7.4 VMA (*Void In Mineral Aggregates*)

nilai VMA setiap jenis campuran beraspal, didapatkan nilai VMA sebesar 17,68 pada campuran SMA penelitian ini, 19,073 pada rata-rata campuran SMA penelitian terdahulu, sebesar 16,43 pada campuran AC-WC, sebesar 15,934 pada campuran AC-BC, dan nilai VMA sebesar 15,5134 pada campuran AC-Base.

4.7.5 VIM (*Voids in Mixture*)

didapatkan nilai VIM sebesar 4,03 pada campuran SMA penelitian ini, 3,69 untuk rata-rata campuran SMA penelitian terdahulu, 4,23 untuk campuran AC-WC, 4,46 untuk campuran AC-BC, dan 3,97 untuk campuran AC-Base. Semua jenis campuran memenuhi standar minimum Bina Marga yaitu sebesar 3-5, maka dapat disimpulkan dari tabel diatas semua jenis campuran memiliki perbedaan nilai VIM yang tidak terlalu signifikan.

4.7.6 VFA (*Void Filled with Asphalt*)

didapatkan nilai VFA sebesar 73,30 pada campuran SMA penelitian ini, 80,86 pada campuran SMA penelitian terdahulu, 74,13 pada campuran AC-WC, 71,79 pada campuran AC-BC, dan sebesar 74,53 pada campuran AC-Base semua jenis campuran, semua nilai VFA yang didapatkan memenuhi standar minimum Bina Marga dan perbedaan nilai VFA yang didapatkan tidak terlalu signifikan

4.7.7 Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Gambar 8. Diagram Indeks Kekuatan Sisa

Dapat dilihat dari diagram diatas perbandingan nilai IKS pada rendaman selama 24 jam, semua tipe campuran memiliki nilai IKS yang masih memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga dimana untuk standar yang sudah ditetapkan minimum 90% atau >90%.

Ditinjau dari hasil penelitian bahwasanya kandungan agregat kasar yang cukup banyak pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dibandingkan campuran *Asphalt Concrete (AC)*, menyebabkan kandungan kadar aspal optimum pada campuran SMA menjadi lebih banyak. Hal tersebut seperti yang dikatakan oleh (Abd, 2020) pada penelitiannya yaitu Pemakaian aspal yang cukup tinggi disebabkan kandungan agregat kasar yang tinggi pada campuran SMA yaitu sebanyak 62 % sehingga memerlukan selimut aspal yang tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa kandungan agregat kasar yang berbeda dapat mempengaruhi kandungan KAO atau kadar aspal optimum.

Pemakaian aspal yang cukup tinggi disebabkan kandungan agregat kasar yang tinggi pada campuran SMA yaitu sebanyak 62 % sehingga memerlukan selimut aspal yang tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa kandungan agregat kasar yang berbeda dapat mempengaruhi kandungan KAO atau kadar aspal optimum.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Pada Stabilitas, campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) memiliki nilai stabilitas yang lebih kecil dibandingkan campuran *Asphalt Concrete* (AC) dikarenakan agregat bergradasi senjang yang membuat rongga antar butiran agregat (VMA) lebih besar dibandingkan dengan campuran AC yang menggunakan agregat bergradasi rapat, secara berturut-turut Stabilitas dan VMA pada campuran SMA, AC-WC, AC-BC, dan AC-Base adalah sebagai berikut: 837,09 Kg dan 19,07% pada campuran SMA, 1105,82 Kg dan 16,43% pada campuran AC-WC, 1317,57 Kg dan 15,95 % pada campuran AC-BC, 2439,88 Kg dan 15,52% pada campuran AC-Base.
2. Pada *Flow*, campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) memiliki nilai *Flow* yang lebih tinggi dibandingkan campuran AC-WC dan AC-BC, tetapi lebih kecil dibandingkan campuran AC-Base, yaitu rata-rata sebesar 3,61 pada campuran SMA, sebesar 3,47 pada campuran AC-WC, 3,35 pada campuran AC-BC, dan 4,40 pada campuran AC-Base. Nilai *flow* yang tinggi membuat campuran SMA mampu menahan beban berulang tanpa terjadi kelelahan berupa retak atau kerusakan alur (*rutting*).
3. Pada nilai VIM, VMA, dan VFA, campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) memiliki nilai yang lebih besar pada nilai VMA dan VFA, dikarenakan kandungan kadar aspal yang lebih tinggi, tetapi memiliki nilai yang lebih kecil pada nilai VIM yang membuat campuran lebih kedap terhadap air.
4. Pada nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) campuran *Split Mastic Asphalt* dan *Asphalt Concrete* (AC) memiliki nilai IKS yang masih memenuhi standar Bina Marga yaitu minimum 90 atau >90% setelah dilakukan perendaman selama 24 jam.

5.2. Saran

Dapat dilakukan kembali Analisa perbandingan antara campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) dengan campuran *Asphalt Concrete* (AC) yang menggunakan bahan tambah atau modifikasi campuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd, N.Y., 2020. Karakteristik Marsall Campuran Split Mastic A sphalt (SMA) menggunakan Aspal Retona Blend 55 dan Penambahan Serat dari Karung Goni. *Sekolah Tinggi Teknologi Dumai*, 1, 48 hlm.
- Indira., Marpaung, Alvin., Setiadji.B.H., S., 2017. Evaluasi Gradasi Agregat Pada Campuran AC-WC. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6 (2), 1–11.
- Maryoko, T., 2015. Analisis Uji Kuat Tekan Beton Terhadap Gradasi Pasir Pada Beberapa Elemen Sungai Klawing, Purbalingga. *Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Purwokerto*.
- Permana, I.G.B.M., 2015. Analisis Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Sebagai Bahan Campuran Aspal Dingin Bergradasi Terbuka Dengan Menggunakan

Aspal Emulsi Jenis Kationik. *Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November.*

Ratih, W.A.W., 2018. Kajian Komparatif Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Bahan Pengikat Yang Berbeda. *Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.*

Sukirman, S., 2016. *Beton Aspal Campuran Panas*. kedua. Bandung: Institut Teknologi Nasional.

Tahir, A., 2011. Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt Menggunakan Serat Selulosa Alami Dedak Padi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Transportasi*, 1 (1), 27–41.