

ASPAL IRAN PADA CAMPURAN AC-BC (ASPHALT CONCRETE - BEARING COURSE) DENGAN BAHAN PENGIKAT FILLER SEMEN

Budi Kurniawan¹⁾

Universitas Bung Hatta
m.budikurniawan96@gmail.com

Indra Khaidir²⁾

Universitas Bung Hatta
indrakhaidir@bunghatta.ac.id

ABSTRAK

Aspal Iran adalah bahan pengikat yang berasal dari proses penyulingan minyak bumi dan banyak digunakan dalam konstruksi jalan dan industri lainnya. Penggunaan aspal Iran dalam penelitian didorong oleh sifat materialnya yang mendukung kebutuhan perkerasan jalan yang kuat, tahan lama, dan tahan terhadap kondisi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapatkan untuk campuran aspal panas lapisan AC-BC dengan menggunakan aspal iran dengan filler semen terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran AC-BC dan untuk mengetahui berapa nilai karakteristik Marshall yang menggunakan aspal iran pada lapisan AC-BC yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Dalam penelitian ini diperlukan data primer yaitu data analisis sifat fisik aspal dan agregat dan data pengujian Marshall, sedangkan data sekunder diperoleh dari bina marga untuk syarat spesifikasi aspal. Dari penelitian tersebut didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk campuran aspal panas lapisan AC-BC adalah 5,7% dan nilai karatersitik marshal yg menggunakan aspal iran pada lapisan AC-BC yg memenuhi spesifikasi bina marga 2018 adalah Density (2,238), VMA(14,5%), VIM (5,0%), VFA (65,2%), Stability (1147Kg), Flow (2,97mm), MQ (386Kg/mm).

Kata Kunci : Aspal, Campuran, KAO, Karakteristik Marshall, AC-BC

ABSTRACT

Iranian asphalt is a binder derived from the distillation of crude oil and is widely used in road construction and other industries. The use of Iranian asphalt in this study is motivated by its material properties, which support the need for strong, durable, and environmentally resistant road pavement. This research aims to determine the Optimum Asphalt Content (OAC) for a hot-mix asphalt AC-BC layer using Iranian asphalt with cement filler in relation to the Marshall characteristics of the mixture, and to identify which of those characteristics meet the 2018 Bina Marga specifications. This study required primary data from physical property analysis of the asphalt and aggregate, as well as Marshall test data. Secondary data was obtained from Bina Marga for the asphalt specification requirements. The research found that the Optimum Asphalt Content (OAC) for the hot-mix asphalt AC-BC layer is 5.7%. The Marshall characteristics using Iranian asphalt for the AC-BC layer that meet the 2018 Bina Marga specifications are:

Density (2.238), VMA (14.5%), VIM (5.0%), VFA (65.2%), Stability (1147 kg), Flow (2.97 mm), and MQ (386 kg/mm).

Keywords: *Asphalt, Mixture, OAC, Marshall Characteristics, AC-BC*

PENDAHULUAN

Penggunaan aspal Iran dalam penelitian didorong oleh sifat materialnya yang mendukung kebutuhan perkerasan jalan yang kuat, tahan lama, dan tahan terhadap kondisi lingkungan. Selain itu, ketersediaan global, potensi modifikasi, dan relevansi dalam mengatasi tantangan infrastruktur menjadikannya subjek yang menarik untuk penelitian teknik sipil. Penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan performa aspal Iran dengan aspal lokal, seperti aspal Buton, serta mencari inovasi dalam pengembangan material yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Aspal Iran dikenal memiliki sifat viskoelastis yang baik, yang berarti sifatnya dapat berubah tergantung pada temperatur dan waktu pembebanan. Sifat ini penting untuk menentukan suhu optimal pencampuran dan pemadatan aspal dengan agregat, sehingga menghasilkan campuran yang homogen dan kuat. Kadar aspal optimum (KAO) adalah persentase aspal (bitumen) dalam campuran perkerasan jalan, seperti beton aspal (hotmix), yang memberikan performa terbaik dalam hal kekuatan, stabilitas, daya tahan, dan ketahanan terhadap deformasi serta kerusakan akibat cuaca atau beban lalu lintas. KAO ditentukan melalui pengujian laboratorium, seperti metode Marshall atau Superpave, untuk memastikan campuran memiliki sifat mekanis dan fungsional yang ideal. Dalam konteks aspal Iran, yang umumnya merupakan aspal buatan dengan penetrasi 60/70, kadar aspal optimum mengacu pada jumlah aspal Iran (dalam persen berat terhadap total campuran) yang menghasilkan campuran beton aspal. Dengan adanya campuran bahan pengisi atau *filler* yang berfungsi sebagai bahan pengisi rongga dan pengikat aspal Iran, diharapkan dapat meningkatkan kepadatan, durabilitas, dan stabilitas pada campuran perkerasan dengan menggunakan metode Marshall Test.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan percobaan untuk pengambilan data maupun pengolahan data. Pengujian-pengujian material menggunakan metode uji Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan melaksanakan suatu pengujian terhadap benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium. Dimana jenis-jenis data dalam penelitian ini secara garis besar dikelompokkan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Dalam penelitian ini data primer adalah data analisis sifat fisik aspal dan agregat dan data pengujian Marshall. Data sekunder diperoleh dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya atau data dari sumber lainnya, misalnya data dari bina marga untuk syarat spesifikasi untuk aspal. Penelitian dilakukan di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Sumatera Barat, dengan beberapa pengujian sebagai berikut :

- a. Pengujian agregat kasar, agregat halus dan *filler* yang meliputi pengujian keausan agregat dengan menggunakan mesin los angles, pengujian berat jenis agregat kasar, pengujian analisa saringan, dan uji *filler* lolos saringan No. 200

- b. Pengujian aspal yang meliputi pengujian pengujian kelekatan aspal.
- c. Pembuatan sampel benda uji
- d. Pengujian berat jenis agregat halus.
- e. Pengujian aspal seperti pengujian penetrasi aspal, daktilitas aspal, pengujian titik nyala dan titik bakar, pengujian kehilangan berat aspal, berat jenis aspal dan pengujian titik lembek aspal.
- f. Pengujian *Marshall Test*

Material yang digunakan berupa agregat didapat dari daerah Bypass PT.LMKP. Dan aspal dari Iran di dapat dari laboratorium Pekerjaan Umum. Peralatan yang digunakan merupakan peralatan yg tersedia di laboratorium seperti saringan, timbangan, oven, alat uji agregat, alat uji aspal, alat tes marshall (RSNI M-01-2003) dan alat lainnya. Dalam tahap awal ini disusun hal-hal penting yang harus dilakukan dengan tujuan mengefektifkan waktu dan pekerjaan. Adapun dalam tahap persiapan meliputi :

- a. Studi pustaka terhadap materi tugas akhir untuk menentukan garis besar permasalahan.
 - b. Menentukan kebutuhan data yang akan digunakan.
 - c. Menggali informasi melalui instansi terkait yang dapat dijadikan narasumber.
 - d. Survey ke lokasi untuk mendapatkan gambaran umum terkait kondisi lapangan.
- Persiapan diatas harus dilakukan dengan cermat untuk menghindari adanya bagian-bagian yang terlupakan ataupun pekerjaan berulang. Sehingga pekerjaan pada tahap pengumpulan data menjadi maksimal.

Dalam pengujian bahan penyusun aspal diperiksa terlebih dahulu dengan menggunakan persyaratan dalam spesifikasi Bina Marga. Dilakukan tiga pengujian bahan penyusun yaitu:

a. Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini yaitu aspal Pen 40/50 yang sering digunakan dalam perkerasan jalan di Indonesia. Adapun pengujian yang akan dilakukan untuk melihat karakteristik aspal agar sesuai spesifikasi adalah sebagai berikut :

- 1) Pengujian penetrasi aspal
- 2) Pengujian daktilitas
- 3) Pengujian titik lembek
- 4) Pengujian berat jenis
- 5) Pengujian titik nyala
- 6) Pengujian kehilangan berat

b. Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Halus

Pada pengujian yang akan dilakukan untuk melihat karakteristik agregat sebagai berikut :

- 1) Pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles*
- 2) Pengujian berat jenis dan penyerapan
- 3) Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal

c. Pengujian *Filler*

Filler yang digunakan pada penelitian ini adalah *filler* Semen. Sebelum digunakan sebagai bahan campuran *filler* Semen telah disiapkan terlebih dahulu disaring dengan saringan No. 200.

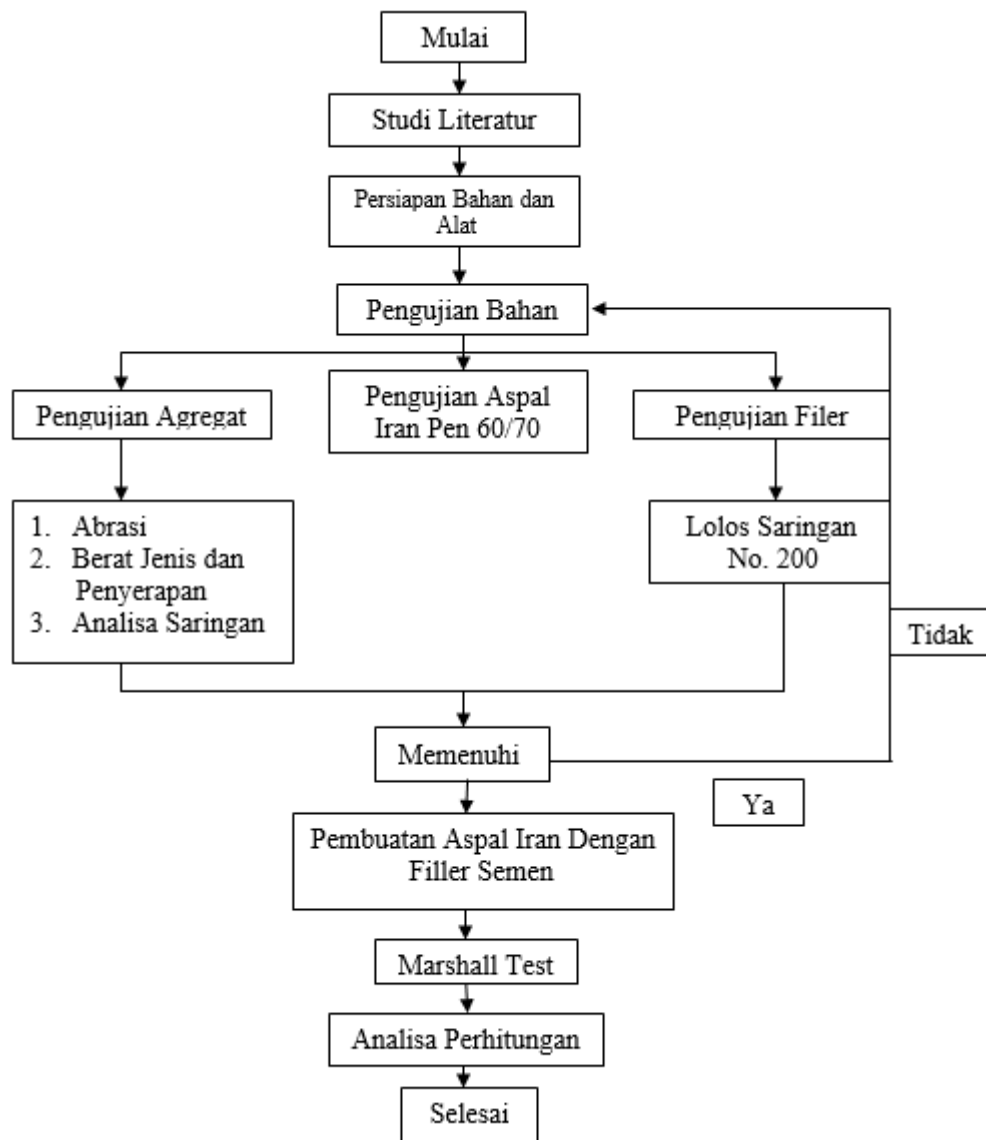
Untuk menentukan kadar aspal Pada pengujian ini digunakan rumus empiris untuk menghasilkan campuran aspal panas yang memenuhi persyaratan.

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + K$$

Nilai P_b hasil perhitungan diatas nantinya dibulatkan mendekati 0,5%. Selanjutnya ditentukan dua kadar aspal diatas dan dua kadar aspal dibawah kadar aspal P_b yang sudah dibulatkan mendekati 0,5%. Tahapannya yaitu, berdasarkan perkiraan nilai kadar aspal optimum P_b maka dibuatkan benda uji, Kemudian dibuatkan pula benda uji dengan dua variasi kadar aspal diatas P_b dan dua variasi kadar aspal dibawah P_b (-1,0%, -0,5%, P_b , +0,5%, +1,0%). Dilakukan pengujian standar dengan (2x75) tumbukan dan pengujian perendaman standar (24 jam), tujuannya yaitu untuk untuk menentukan VIM, VMA, VFA, kepadatan, stabilitas, kelelahan, hasil bagi *marshall*.

Adapun langkah-langkah pengujian Marshall adalah sebagai berikut:

- Merendam benda uji dari bak perendaman (*water bath*) selama 30-40 menit dengan suhu tetap 60°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).
- Mengeluarkan benda uji dari bak perendaman dan meletakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan.
- Memasang segmen atas di atas benda uji dan meletakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
- Memasang arloji pengukur kelelahan (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
- Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji.
- Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
- Memberikan pembebanan benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan mencatat pembebanan maksimum (*stability*) yang dicapai.
- Mencatat nilai kelelahan (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur *flow* pada saat pembebanan maksimum tercapai.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian material dalam penelitian ini terbagi kedalam dua kelompok yaitu pengujian properties agregat (agregat kasar, agregat halus) serta pengujian properties aspal. Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah material yang digunakan layak untuk bahan bahan campuran AC-BC dan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Tabel 1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Pengujian	Standarisasi	Syarat	Hasil	Keterangan
1.	Penyerapan air	SNI 03-1969-2008	$\leq 3 \%$	2,56 %	Memenuhi
2.	Berat jenis curah kering	SNI 03-1970-2008	≥ 2.5	2,50%	Memenuhi

3.	Berat jenis curah jenuh kering permukaan	SNI 03-1969-2008	≥ 2.5	2,56%	Memenuhi
4.	Berat jenis semu	SNI 03-1969-2008	≥ 2.5	2,66%	Memenuhi
5.	Keausan (Abrasi)	SNI 03-2417-2008	Maks. 40%	35%	Memenuhi
6.	Kelekatan agregrat terhadap aspal	SNI 06-2439-1991	$\geq 95\%$	99%	Memenuhi

Tabel 2 Pengujian Agregat Halus

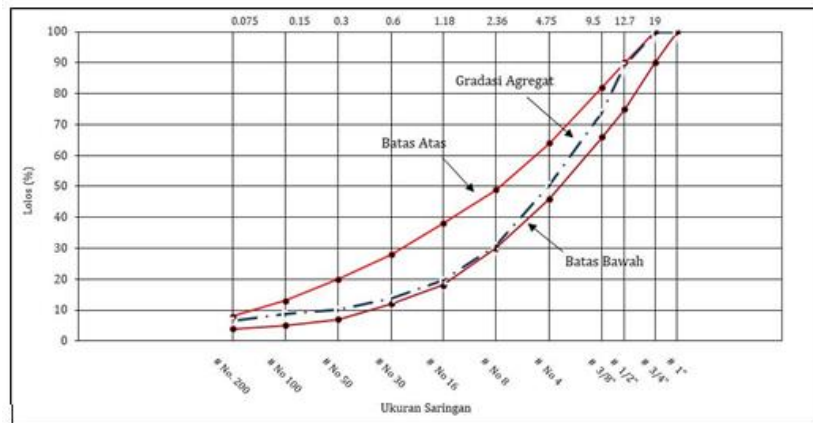
No	Pengujian	Standarisasi	Syarat	Hasil	Keterangan
1.	Penyerapan air	SNI 03-1969-2008	$\leq 3 \%$	2,87%	Memenuhi
2.	Berat jenis curah kering	SNI 03-1970-2008	≥ 2.5	2,52%	Memenuhi
3.	Berat jenis curah jenuh kering permukaan	SNI 03-1969-2008	≥ 2.5	2,59%	Memenuhi
4.	Berat jenis semu	SNI 03-1969-2008	≥ 2.5	2,67%	Memenuhi

Tabel 3 Pengujian Aspal

No	Pengujian	Standarisasi	Satuan	Syarat/Aspal Pen 60/70	Hasil	Keterangan
1.	Penetrasi	SNI 2456-2011	Mm	60-70	62,53 mm	Memenuhi
2.	Berat jenis	SNI 2441-2011	gr/cm ³	≥ 1	1,03	Memenuhi
3.	Titik lembek	SNI 2434-2011	°C	≥ 48	52 °C	Memenuhi
4.	Titik nyala	SNI 2433-2011	°C	≥ 232	320 °C	Memenuhi
5.	Kehilangan berat	SNI 06-2440-1991	%	$\leq 0,2$	0,02%	Memenuhi
6.	Daktalitas	SNI 2432-2011	Cm	≥ 100	133 cm	Memenuhi

Setelah semua pengujian *Properties* telah selesai dilakukan dan memberikan yang sesuai dengan spesifikasi yang digunakan untuk campuran aspal panas, maka dibuatlah campuran aspal rencana sesuai spesifikasi untuk campuran AC-BC yang disebut dengan pekerjaan *Mix Formula*. Untuk merencanakan suatu campuran aspal, ada beberapa tahap yang harus dilakukan diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Menentukan Komposisi Campuran AC-BC



Gambar 2. Grafik Gradasi Campuran AC-BC

Berdasarkan hasil pengujian gradasi yang diperoleh, penulis mendapatkan hasil komposisi Disain Mix Formula (DMF) yaitu :

1. Split 1-2 (19,1 mm) = 17 % dari total campuran
2. Medium (12,5 mm) = 42 % dari total campuran
3. Abu Batu = 40 % dari total campuran
4. Filler = 1 % dari total campuran

Hasil data dari campuran gradasi dapat di lihat pada Lampiran halaman 77 yg mana disana sudah diterakan hasil dari penelitian gradasi.

b. Menentukan Kadar Aspal Rencana (Pb)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai kadar aspal rencana (Pb) dengan cara empiris guna menghasilkan campuran aspal panas yang memenuhi persyaratan yang ada. Penentuan kadar aspal rencana (Pb) digunakan rumus:

$$Pb = 0.035 (\%CA) + 0.045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K$$

Keterangan :

Pb = Perkiraan kadar aspal terhadap campuran, persentase berat terhadap campuran

CA = Agregat kasar tertahan saringan No.8

FA = Agregat halus lolos saringan No.8

FF = Bahan pengisi lolos saringan No.200

Nilai K = 1.0

Sehingga :

CA = 100% - Presentase agregat kasar tertahan saringan No. 8

FA = Presentase agregat kasar tertahan saringan No. 8
 - Presentase bahan Pengisi lolos saringan No. 200

FF = Presentase bahan pengisi lolos saringan No. 200

Maka diperoleh nilai CA, FA dan FF sebagai berikut:

CA (Agregat Kasar) = 100 – 30,85 = 69,15

FA (Agregat Halus) = 30,85 – 6,52 = 24,33

FF (Filler) = 6,52

Substitusi nilai CA, FA dan FF ke persamaan 4.1, maka diperoleh hasil sebagai berikut;

$$\begin{aligned} \text{Pb} &= (0,035 \times \text{CA}) + (0,045 \times \text{FA}) + (0,18 \times \text{FF}) + \text{K} \\ \text{Pb} &= (0,035 \times 69,15) + (0,045 \times 24,33) + (0,18 \times 6,52) + 1.0 \\ \text{Pb} &= 5.68\% \rightarrow 5.7\% \end{aligned}$$

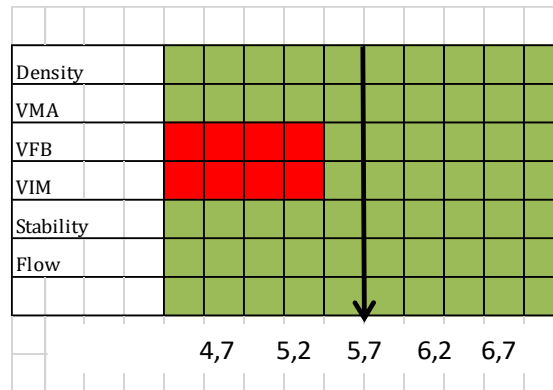
Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan nilai kadar aspal rencana (Pb) sebesar 5.7%. Kadar aspal rencana (Pb) ini akan menjadi acuan utama dalam menentukan Kadar Aspal Optimum.

c. Menentukan Kadar Nilai Aspal Optimum (KAO)

Hasil pengujian ini bertujuan untuk mencari kadar aspal optimum (KAO). Berdasarkan nilai kadar aspal rencana yang telah di dapatkan tadi, maka dibuat benda uji dengan variasi kadar aspal dua diatas Pb dan dua dibawah Pb: (5,7% + 0,5, 5,7% + 1, 5,7% - 0,5 dan 5,7% - 1), dimana masing masing variasi kadar aspal dibuat 3 buah sampel benda uji. Berdasarkan nilai aspal rencana yang telah didapatkan, maka dibuatlah benda uji dengan variasi kadar aspal dua diatas nilai PB dan 2 dibawah nilai PB: (4,7%, 5,2%, 5,7%, 6,2%, 6,7%), yang mana masing-masing variasi kadar aspal dibuat 3 sampel benda uji. Untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO), campuran aspal harus memenuhi beberapa syarat karakteristik Marshall berupa *Density*, *VMA*, *VIM*, *VFA*, *Stability*, *Flow*, dan *Marshall Quotient* yang memenuhi syarat campuran aspal panas untuk lapisan aus AC-BC.

Tabel 4 Resume Hasil Pengujian *Marshall* Aspal Iran

No	Karakteristik	Spesifikasi	Pengujian Marshall				
			Variasi Kadar Aspal				
			4,7%	5,2%	5,7%	6,2%	6,7%
1.	<i>Density</i> (gr/cc)		2,220	2,228	2,238	2,240	2,229
2.	VMA (%)	Min 14	14,3%	14,4%	14,5 %	14,9%	15,7%
3.	VIM (%)	3-5	7,1%	6,1%	5,0%	4,3 %	4,1 %
4.	VFA (%)	Min 65	50,4%	57,7%	65,2 %	71,1 %	73,8 %
5.	<i>Stability</i> (kg)	Min 800	928 kg	1074 kg	1147 kg	1088 kg	929kg
6.	<i>Flow</i> (mm)	2-4	2,79 mm	2,86 mm	2,97 mm	3,15 mm	3,55 mm
7.	MQ (kg/mm)	Min 250	332 kg/mm	376 kg/mm	386 kg/mm	345 kg/mm	277 kg/mm



Gambar 3. Skema Marshall KAO

Berdasarkan tentang Resume Hasil Pengujian *Marshall* dapat diketahui bahwa kadar aspal yang memenuhi syarat karakteristik Marshall berupa: *Density*, VMA, VIM, VFA, *Stability*, *Flow*, dan *Marshall Quotient* terletak pada rentang 5,7%. Maka untuk menentukan nilai KAO pada campuran AC-BC ini digunakan grafik sesuai dengan hasil pengujian *marshall*.

Density (Kepadatan) merupakan besarnya kerapatan dari benda uji setelah pencampuran yang telah dipadatkan. Campuran yang memiliki kepadatan yang tinggi akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai kepadatan yang rendah. Berikut ini merupakan grafik hasil pengujian density pada campuran aspal iran panas lapisan antara AC-BC dengan Perbandingan Aspal. Nilai *density* terendah terdapat pada 4,7% dengan nilai *density* (2,220 gr/cm³). Sedangkan nilai *density* maksimum pada 6,2% (2,240 gr/cm³). Tentu dengan penambahan variasi kadar semen ini berpengaruh terhadap nilai *density* pada campuran asphalt (AC-BC).

Void in mineral aggregate (VMA) adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran beraspal panas yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal. VMA dinyatakan dalam persentase 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 temperature pemadatan. Nilai VMA tertinggi yaitu terdapat pada kadar 6,7% dengan nilai 15,7 % sedangkan nilai VMA terendah terdapat pada campuran 4,7% dengan nilai 14,3%. Tentu pada penelitian ini dengan penambahan semen berpengaruh terhadap nilai VMA pada cammpuran aspal (AC-BC). Agregat bergradasi baik atau bergradasi rapat memberikan rongga antara butiran agregat (VMA) yang kecil. Sehingga aspal, agregat, dan *filler* menutup sebagian rongga antara butiran, sehingga lapisan kedap air dan tidak mudah mengalami kerusakan pada lapisan aspal. Nilai VMA pada penambahan semen dari 4,7% - 6,7% memenuhi spesifikasi yang telah di tentukan pada batas spesifikasi Bina Marga 2018.

Void in the mix (VIM) menyatakan banyaknya persentase rongga dalam campuran total. Nilai rongga dalam campuran dipengaruhi oleh kadar aspal pada campuran beraspal panas dengan bertambahnya kadar aspal maka jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butiran agregat semakin bertambah, sehingga volume rongga dalam campuran semakin berkurang. Nilai VIM yang terlalu tinggi mengakibatkan berkurangnya keawetan dari lapis keras karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapisan perkerasan jalan raya. Nilai VIM yang terlalu rendah akan mengakibatkan mudahnya perkerasan mengalami retak (*cracking*). VIM yg memenuhi terdapat pada persensasi aspal

5,7% yaitu 5,0%. Pada pengganti *filler* dengan menggunakan semen, VIM memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan dan memenuhi syarat yang ditentukan pada syarat Bina Marga 2018, sehingga mengakibatkan campuran aman dari retakan (*cracking*) dan krapos.

Void Filled With Asphalt (VFA) menunjukkan persentase besarnya rongga yang dapat terisi oleh aspal pada campuran. Besarnya nilai VFB menentukan keawetan dari campuran beraspal panas, semakin besar nilai VFB maka menunjukkan semakin kecil nilai VIM yang berarti rongga yang terisi aspal semakin banyak. Begitu sebaliknya apabila VFA terlalu kecil maka rongga yang terisi aspal akan semakin sedikit sehingga agregat yang terselimuti aspal dan akan semakin tipis yang menyebabkan campuran beraspal panas tidak awet. Nilai VFA terendah di peroleh pada 4,7% dengan nilai VFA 50,4% sedangkan nilai VFA tertinggi pada 6,7% dengan perolehan nilai VFA 73,8%. Dapat diatakan pada penelitian ini penambahan *filler* dengan menggunakan semen berpengaruh terhadap nilai VFA pada campuran (AC-BC). Ini disebabkan karena penambahan semen pada campuran (AC-BC) mengakibatkan rongga yang berada dalam campuran (VIM) yang terisi akan semakin bertambah dan tentu dapat mengakibatkan rongga yang terisi aspal campuran bertambah, sehingga menyebabkan campuran beraspal panas lebih awet, nilai FVA yang terlalu tinggi dapat juga menyebabkan *bleeding* pada suhu tinggi karena nilai VIM yang rendah, sehingga aspal naik ke permukaan saat perkerasan menerima beban, sebaliknya apabila nilai VFA yang rendah dapat menyebabkan penyerapan air dan udara yang lebih mudah, sehingga campuran menjadi rentan terhadap kerusakan (Kholiq & Hidayatullah, 2017.)

Stability adalah besarnya beban maksimum yang dapat dicapai oleh bahan penyusun campuran beraspal panas yang dinyatakan dalam satuan beban. Stabilitas merupakan indikator kekuatan lapis perkerasan dalam memikul beban lalu lintas. Campuran yang memiliki nilai kepadatan yang tinggi akan mampu meningkatkan nilai stabilitas dan kekuatan campuran serta mengurangi tendensi terjadinya bekas roda kendaraan pada lalu lintas. Jika stabilitas terlalu tinggi, campuran menjadi terlalu kaku sehingga mudah retak saat menanggung beban. Sebaliknya, jika stabilitas terlalu rendah, campuran mudah retak karena beban lalu lintas atau perubahan bentuk *Subgrade*.

Flow adalah besarnya penurunan campuran benda uji akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan mm. *Flow* merupakan indikator kelenturan suatu campuran beraspal panas dalam menahan beban lalu lintas. Nilai *flow* menyatakan besarnya deformasi bahan susun dari benda uji, campuran yang mempunyai angka *flow* rendah dengan stabilitas tinggi akan cenderung menghasilkan campuran beraspal panas yang kaku dan getas sehingga akan mudah retak apabila terkena beban lalu lintas yang tinggi dan berat. Dari Hasil *flow* dengan variasi penggantian *filler* semen menunjukan bahwa nilai *flow* meningkat seiring bertambahnya kadar *filler* dengan peningkatan optimum pada persentase aspal 5,7% dengan nilai 2,97 mm. dimana pada nilai 4,7% – 6,7% memenuhi spesifikasi pada Bina Marga 2018. Dari hasil *flow* dengan variasi penggantian *filler* terlihat bahwa nilai *flow* mengalami penaikan. Sebaliknya apabila campuran beraspal panas mempunyai *flow* terlalu tinggi maka akan bersifat plastis sehingga mudah berubah bentuk (deformasi) akibat beban lalu lintas yang tinggi dan berat. Campuran yang memiliki nilai kelelahan yang tinggi dengan nilai stabilitas rendah cenderung bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk apabila mengalami pembebanan lalu lintas, sedangkan campuran dengan kelelahan rendah dan stabilitas yang tinggi cenderung bersifat getas (Kholiq & Hidayatullah, 2017).

Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil bagi antara stabilitas dan *flow* yang mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran beraspal panas. Besarnya nilai *Marshall Quotient* tergantung dari besarnya nilai stabilitas yang dipengaruhi oleh gesekan antar butiran dan saling mengunci antar butiran (*interlocking*) yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campuran bahan susun serta nilai *flow* yang dipengaruhi oleh viskositas, kadar aspal, gradasi bahan susun, dan jumlah tumbukan. diperoleh nilai *Marshall Quotient* maksimum pada campuran yaitu sebesar 386kg/mm . Namun nilai MQ ini juga tidak boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis (Haris, 2019).

Pada nilai MQ kenaikan dan penurunan nilai MQ dipengaruhi oleh stabilitas dan *Flow* pada campuran. Dikarnakan MQ diperoleh dari perbandingan antara stabilitas dan *Flow*. Stabilitas yang kecil dan *flow* yang besar menghasilkan campuran yang lembek dan mudah berubah bentuk jida terjadi beban. Nilai MQ yang lebih rendah dapat membuat campuran lebih rentan terhadap deformasi plastis, sementara nilai MQ yang lebih tinggi menunjukkan kemungkinan kekakuan campuran yang lebih besar serta resiko retak yang lebih tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai nilai dari KAO pada karakteristik Marshall pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) dengan aspal Iran, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk campuran aspal panas lapisan AC-BC adalah 5,7%. Nilai ini ditentukan berdasarkan kadar aspal yang memenuhi persyaratan teknis, termasuk *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Void in Mix* (VIM), *Density*, *Void Filled with Asphalt* (VFA), *Marshall Quotient*, dan *Flow*, sesuai dengan karakteristik Marshall untuk campuran aspal panas lapisan AC-BC.
2. Nilai karatersitik marshal yg menggunakan aspal iran pada lapisan AC-BC yg memenuhi spesifikasi bina marga 2018 adalah *Density* (2,238), VMA(14,5%), VIM (5,0%), VFA (65,2%), *Stability* (1147Kg), *Flow* (2,97mm), MQ (386Kg/mm).

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi umum 2018*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Tarmizi, A., [et al.]. (2022). Pengaruh penggunaan semen Portland dan fly ash batubara sebagai substitusi filler abu batu pada campuran AC-BC dengan aspal Pen 60/70.
- Universitas Bung Hatta. 2017. *Laboratorium perkerasan jalan*. Padang: Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik Sipil.
- Yusuf, A. M. (2017). *Analisis pengaruh penggunaan abu boiler cangkang sawit sebagai filler untuk campuran asphalt concrete bearing course (AC-BC) menggunakan spesifikasi Bina Marga 2010*.

- Kamaluddin Lubis. 2021. Pengaruh Penggunaan Tanah Merah Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Ac-Bc Terhadap Nilai Marshall”.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2020). *Prakiraan musim hujan 2020/2021 di Indonesia*. Jakarta: BMKG.
- Mahmoud Ameri, Ahmad mansourian, Saeid Salahi Ashani, & Golazin Yadollahi. (2011). Constrction and Building Materials. Elsevier 25(3) 1379-1387.
- Alkhafi Maas Siregar. 2016. dalam penelitiannya yang berjudul Analisa Rongga Pada Aspal Iran Pen 80/100 Termodifikasi Dengan Karet Alam (Natural Rubber) Pada Campuran Asphalt Concrete – Bearing Course (AC-BC).