



Variasi Temperatur Pencampuran terhadap Parameter Marshall pada Campuran Lapis Aspal AC-BC

M Aldi Muhtaibillah A^{1*}, Jasman Jasman², Hamsyah³, Adnan⁴

^{1,2,3,4}Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia

Alamat: Jl. Jend. Ahmad Yani No.Km. 6, Bukit Harapan, Kec. Soreang, Kota Parepare, Sulawesi Selatan 91112

*Korespondensi penulis: muhtadibillahaldi@gmail.com

Abstract. *Mixing temperature has an important role in the performance of the asphalt mixture that has been made. If the mixing temperature is too low and causes the viscosity value to be high, it will make it difficult to carry out asphalt mixing and was studied in the laboratory for two months which aims to determine the effect of mixing temperature variations on the value of marshall parameters and determine the effect of temperature variations on the performance of AC-WC asphalt pavement mixing. Characteristics of Temperature Variations in AC-BC asphalt mixtures for temperature variations of 140, 150 and 160, from the results of testing vim at a temperature of 160 with a value of 6.63 does not meet specifications, at a VFB value at a temperature of 160 does not meet specifications with a VFB value of 64.25, for the value of stability, VMA, flow, MQ all meet specifications. so it can be concluded that the greater the temperature can make the asphalt mixture ineffective or the quality of the AC-BC asphalt decreases. The effect of temperature variation on AC-BC asphalt mixture is not optimal because the greater the temperature parameter can reduce the quality of AC-BC. The results of the proof of the marshal test of several temperature variations that do not meet the specifications make some marsall tests not pass specifications and density results that are not solid.*

Keywords: *Aggregate, Mix characteristics, Asphalt Concrete AC-BC, KAO.*

Abstrak. Suhu pencampuran memiliki peranan yang penting terhadap kinerja campuran aspal yang telah dibuat. Jika suhu pencampuran terlalu rendah dan mengakibatkan nilai viskositasnya menjadi tinggi maka akan menyulitkan dalam pelaksanaan pencampuran aspal dan diteliti dahulu di laboratorium selama dua bulan yg bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pencampuran terhadap nilai parameter marshall dan mengetahui pengaruh variasi termpertatur terhadap kinerja pencampuran lapis aspal AC-WC. Karakteristik Variasi Suhu pada campuran aspal AC-BC untuk variasi suhu 140, 150 dan 160 ,dari hasil pengujian vim pada suhu 160 dengan nilai 6,63 tidak memenuhi spesfikasi, pada nilai VFB pada suhu 160 tidak memenuhi spesifikasi dengan nilai VFB 64,25, untuk nilai stablitas, VMA, flow, MQ semua memenuhi spesifikasi. sehingga dapat ditarik kesimpulan semakin besar suhu dapat membuat campuran aspal tidak efektif atau kualitas dari aspal AC-BC semakin menurun. Pengaruh Variasi Suhu terhadap campuran aspal AC-BC tidak optimal karena semakin besar parameter Suhu dapat menurunkan kualitas AC-BC. Hasil pembuktian dari uji marshal beberapa variasi suhu yang tidak memenuhi spesifikasi membuat beberapa pengujian marsall tidak lolos spsifikasi dan hasil density yang kurang padat.

Kata Kunci: Agregat, Karakteristik Campuran, Asfalt Beton AC-BC, KAO.

1. PENDAHULUAN

Aspal hotmix adalah penggabungan antara agregat kasar, halus, bahan pengisi (filler) dan aspal sebagai bahan pengikat yang di campur dalam kondisi suhu panas yang cukup tinggi. Suhu pencampuran memiliki peranan yang penting terhadap kinerja campuran aspal yang telah dibuat. Jika suhu pencampuran terlalu rendah dan mengakibatkan nilai viskositasnya menjadi tinggi maka akan menyulitkan dalam pelaksanaan pencampuran aspal (Ma'ruf & Marianti,

2022). Sebaliknya jika suhu pencampuran terlalu tinggi yang mengakibatkan nilai viskositas terlalu rendah, maka kekuatan bitumen tersebut sebagai bahan pengikat menjadi menurun dan juga membutuhkan waktu yg cukup lama untuk menunggu hingga mencapai suhu pemadatan. Selain suhu pencampuran, suhu pemadatan juga memiliki peranan yang cukup penting terhadap kinerja campuran aspal. Suhu pemadatan ini berpengaruh terhadap kekuatan agregat penyusun campuran aspal. Jika suhu pemadatan terlalu rendah, aspal yang digunakan sebagai pengikat sudah mengalami pembekuan. Sehingga saat dilakukan pemadatan, tumbukan tidak bekerja secara sempurna dan dapat mengakibatkan terjadinya rongga-rongga pada campuran aspal tersebut. Rongga-rongga ini dapat mempengaruhi nilai stabilitas campuran aspal (Khairani et al., 2018).

Penelitian ini dimaksudkan untuk mencari suhu pencampuran dan suhu pemadatan yang optimal. Suhu pencampuran dan suhu pemadatan yang optimal dengan sendirinya akan meningkatkan kinerja aspal yang dibuat. Untuk menentukan tinggi suhu pencampuran dan pemadatan campuran aspal, dapat diperoleh dari pengujian viskositas aspal (Lucia, 2022). Suhu pencampuran dan pemadatan campuran aspal yang diperoleh dari uji viskositas tersebut kemudian dijadikan acuan atau patokan dalam menentukan variasi suhu yang akan dilakukan dalam penelitian.

Di Indonesia pada umumnya memiliki suhu yang relatif tinggi, dengan suhu yang berkisar antara 25° C - 32° C, namun untuk saat ini terkadang suhu bisa mencapai 39°C - 40°C, sehingga agregat pada umumnya kering (Bazar Asmawi, 2020). Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dilakukan penelitian uji laboratorium tentang pengaruh perubahan suhu terhadap campuran laston asphalt concrete- Binder course (AC-BC) dengan menggunakan metode Marshall.

Tujuan penelitian untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur pencampuran terhadap nilai parameter marshall pada campuran aspal AC-BC dan pengaruh variasi temperatur terhadap kinerja pencampuran lapis aspal AC-BC.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Agregat

Menurut (Sukirman, 1992 : 41), Agregat merupakan komponen utama perkerasan jalan yang mempunyai kandungan 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Sehingga agregat menyumbangkan faktor kekuatan utama dalam perkerasan jalan. Berfungsi sebagai penstabil mekanis, agregat harus mempunyai

suatu kekuatan dan kekerasan, untuk menghindarkan terjadinya kerusakan akibat beban lalu lintas.

Aspal

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pengerasan aspal dapat terjadi karena oksidasi, penguapan, dan perubahan kimiawi lainnya (Arthur, 2003).

Beton Aspal

AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran aspal beton yaitu AC-BC, AC-WC dan AC-base. Ketiga jenis laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh bina marga bersama-sama dengan pemerintah pusat litbang jalan (Spesifikasi Bina Marga, 2018).

Viskositas Aspal

Pemeriksaan viskositas pada aspal bertujuan untuk memeriksa tingkat kekentalan aspal. Viskositas aspal ini sangat berkaitan erat dengan tingkat material aspal dan suhu yang digunakan. Tingkat material aspal sangat bervariasi terhadap suhu, dari tingkat padat, encer sampai tingkat cair. Hubungan antara kekentalan dan suhu sangat penting dalam perencanaan dan penggunaan material aspal (penuntun praktikum jalan raya). Kaitan antara kekentalan dan suhu diterapkan untuk penentuan suhu pencampuran dan pemadatan campuran aspal panas (hotmix) (Yuniarti et al., 2022).

Marshall Test

Pengujian marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (flow). Flow didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum dan dinyatakan dalam milimeter atau 0,01". Pengujian marshall merupakan pengujian yang paling banyak dan paling umum di pakai saat ini. Hal ini disebabkan karena alatnya sederhana dan cukup praktis untuk dimobilisasi (Rahwamati, 2002).

Penelitian Sebelumnya

(Khairani et al., 2018), penelitian menunjukkan penambahan persentase parutan ban bekas sebagai bahan pengganti agregat dalam campuran beton aspal AC-BC, mempengaruhi nilai parameter Marshall, yaitu nilai stabilitas, flow, Marshall quotient, VIM, VMA dan VFA. Sedangkan nilai Density tidak ada pengaruh akibat bertambahnya persentase parutan ban bekas. Secara keseluruhan dengan adanya bahan parutan ban bekas sebagai substitusi dari agregat pada campuran aspal, maka nilai stabilitas campuran semakin meningkat. Penggunaan 2% parutan ban bekas mempunyai stabilitas tertinggi yaitu 1128,48 Kg. Sedangkan nilai durabilitas tertinggi ada pada penggunaan 1% parutan ban bekas dengan nilai 93,82%.

(Refi, 2021), karakteristik Marshall dan kadar aspal optimum yang dihasilkan oleh kedua agregat halus tersebut memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, maka pasir laut yang bersumber dari pantai Air Tawar dapat digunakan sebagai agregat halus pada campuran panas aspal agregat lapisan AC-BC. Kadar aspal optimum yang dihasilkan pada pemakaian pasir sungai sebagai agregat halus dalam campuran panas aspal agregat adalah 7,5 % sedangkan pada pasir laut adalah 6,25%. Campuran panas aspal Agregat halus pasir laut dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70, nilai karakteristik Marshall yang meliputi : nilai Density (gr/cc) : 2,293, VMA(%) : 17,828 > 15, VFWA (%) : 67,773 > 65, VITM (%) : 5,766 > 3, Flow (mm) : 5,517 > 2, Stabilitas (Kg): 1484,128 > 800 dan Marshall Quotient (Kg/mm) : 270,388 > 200.

(Zahara et al., 2023), Hasil density dan flow pada variasi tumbukan 2x68 dan 2x75 terdapat persamaan yang hampir mendekati. Pada variasi tumbukan 2,68 dan 2x75 tidak mendapatkan hasil penelitian yang maksimal, dimana variasi tumbukan tersebut keduanya sama-sama memenuhi parameter stabilitas dan flow sesuai dengan yang disyaratkan spesifikasi bina marga 2018.

(Winayati et al., 2017), Dalam upaya meningkatkan kekuatan struktur perkerasan jalan raya khususnya perkerasan Laston, pemilihan jenis material sebagai filler sangat penting karena filler merupakan bahan pengisi yang sifatnya halus dan dapat mengisi rongga atau pori yang berukuran diameter lebih kecil atau kurang dari 0,002 mm, salah satu limbah yang dihasilkan oleh industri perkebunan kelapa sawit memberikan peluang alternatif material penyusun campuran aspal (filler). Dengan melihat pengaruh filler ABS terhadap karakteristik Marshall khususnya nilai rongga dalam campuran (VIM) akibat penambahan persentasi ABS yang dilakukan di laboratorium. Dari hasil analisis regresi linier didapat persamaan $Y = 0.245 + 0.001 X$, artinya variabel persentase ABS (25%) berpengaruh terhadap nilai VIM, tetapi

pengaruhnya sangat kecil, $r^2 = 0,035$ artinya hubungan antara persentasi ABS yang dicampurkan, berpengaruh pada nilai VIM yang terjadi tetapi relatif kecil.

(Nofrianto et al., 2021), n kadar aspal optimum jenis campuran aspal panas dengan filler semen yaitu 5.7% dan kadar aspal optimum dengan filler fly ash yaitu 5,5% karena merupakan nilai terbaik dari beberapa indikator diatas sedangkan komponen pengujian Marshall lainnya memenuhi syarat spesifikasi. Jadi Agregat dari quarry Sungai Tuak Kab. Kerinci dapat digunakan untuk perkerasan aspal dengan penambahan filler semen atau pun filler fly ash sebanyak 2% sesuai persyaratan yang ditentukan dalam spesifikasi. Dari indikator pengujian Marshall diatas, fly ash lebih baik dalam hal kepadatan (density), rongga dalam campuran (VIM), dan rongga terisi aspal (VFB) karena sifat fly ash terhadap aspal tidak secepat bereaksi dalam hal pengerasan dibanding dengan filler semen. Penggunaan filler semen lebih baik dalam hal stabilitas dan rongga dalam agregat (VMA) karena sifat semen lebih respon dalam hal pengerasan sehingga membuat lebih getas dan menyebabkan rongga dalam agregat lebih banyak karena lambat terisi oleh aspal. Sedangkan indikator lainnya yaitu kelelahan (Flow) dan Marshall Quotient (MQ) mendekati sama.

(Utama & Febriani, 2014), Nilai Marshall Quotient (MQ) yang diperoleh mengalami kenaikan dari kondisi campuran aspal normal 355 kg/mm hingga mencapai titik puncak pada campuran aspal 50% batu kapur yakni 560 kg/mm, walaupun masih memenuhi persyaratan Bina Marga yakni minimum 250 kg/mm. Namun jika nilai Marshall Quotient (MQ) terlalu tinggi, maka dapat mengakibatkan campuran bersifat terlalu plastis mudah ubah bentuk pada saat dibebani.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan penelitian metode eksperimen, yaitu penelitian ini dilakukan dilaboratorium yang bertujuan untuk menyelidiki sebab akibat antara satu sama lain. Proses penelitian ini dilakukan dengan serangkaian pengujian terhadap karakteristik bahan yang digunakan dengan persyaratan yang ditentukan. Tempat dilaksanakannya penelitian ini di laboratorium Jalan dan Aspal Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare.

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

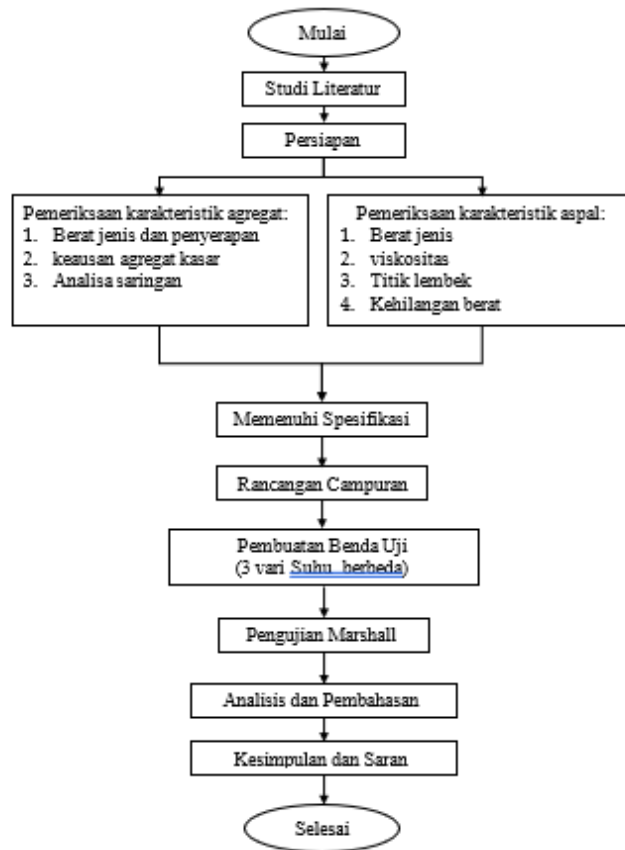
- a. Agregat kasar yang digunakan berasal dari PT. WIN WAHANA Cipta Marga kabupaten Pinrang.
- b. Agregat halus yang digunakan berasal dari PT. WIN WAHANA Cipta Marga kabupaten Pinrang.

- c. *Filler* atau material lolos saringan No. 200 yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen (*Portland Cement*).
- d. Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal keras penetrasi 60/70.

Prosedur Penelitian

- a. Pemeriksaan karakteristik agregat kasar meliputi Berat jenis dan penyerapan agregat kasar, Keausan agregat kasar (abrasi), Analisa saringan
- b. Pemeriksaan karakteristik agregat halus, meliputi Berat jenis dan penyerapan agregat kasar, Analisa saringan
- c. Pemeriksaan karakteristik aspal meliputi Berat jenis aspal, Pemeriksaan titik lembek aspal, Pemeriksaan kehilangan berat aspal, Pemeriksaan penetrasi aspal, Pengujian marshall
- d. Teknik Pengumpulan Data
Dalam teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pengumpulan data sekunder dan data primer.
- e. Teknik Analisis Data
Teknik analisis data pada penelitian adalah metode *marshall*. Konsep *marshall test* dikembangkan oleh Bruce Marshall, seorang insiyur perkerasan pada *Mississippi State Highway*. Untuk mendapatkan mutu aspal beton yang baik, dalam proses perencanaan campuran harus memperhatikan karakteristik campuran aspal beton.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Agregat dan Aspal

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat pada penelitian ini terdiri atas pengujian berat jenis agregat kasar dan halus. Dari pengujian berat jenis agregat kasar 1-2 diatas didapat berat jenis bulk 2.73 gr, berat jenis jenuh kering permukaan 2.76 gr, berat jenis semu 2.81 gr, dan penyerapan 1.01 %. Jadi, dari hasil analisis berat jenis agregat kasar 1-2 telah memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis minimum 2.5 gr dan penyerapan air maksimal 3 %. Berat jenis agregat kasar 0,5-1 diatas didapat berat jenis bulk 2.56 gr, berat jenis jenuh kering permukaan 2.60 gr, berat jenis semu 2.66 gr, dan penyerapan 1.47 %. Jadi, dari hasil analisis berat jenis agregat kasar 1-2 telah memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis minimum 2.5 gr dan penyerapan air maksimal 3 %. Berat jenis agregat halus (abu batu) diatas didapat berat jenis bulk 2.66 gr, berat jenis jenuh kering permukaan 2.69 gr, berat jenis semu 2.74 gr, dan penyerapan 1.06 %. Jadi, dari hasil analisis berat jenis agregat halus (abu batu) telah memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis minimum 2.5 gr dan penyerapan air maksimal 3 %.

Tabel 1. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (Sumber: Pengujian Laboratorium 2024)

No.	Jenis Pengujian Agregat kasar 1-2	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Sat.	Ket.
1	Berat jenis bulk	2.73	Min 2.5	Gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2.76			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2.81			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	1.01	Maks. 3	%	Memenuhi

No.	Jenis Pengujian Agregat kasar 0,5-1	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Sat.	Ket.	No.	Jenis Pengujian Agregat (abu batu)	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Sat.	Ket.
1	Berat jenis bulk	2.56	Min 2.5	Gr	Memenuhi	1	Berat jenis bulk	2.66	Min 2.5	Gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2.60			Memenuhi	2	Berat jenis kering permukaan	2.69			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2.66			Memenuhi	3	Berat jenis semu	2.74			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	1.47	Maks. 3	%	Memenuhi	4	Penyerapan (Absorption)	1.06	Maks. 3	%	Memenuhi

Hasil Pemeriksaan Aspal

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap aspal AC 60-70, diperoleh hasil yang ditunjukkan pada tabel 2, dengan menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

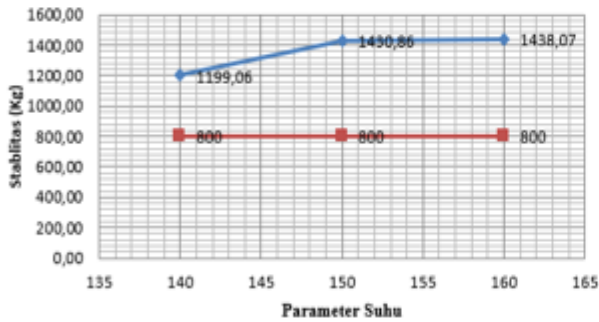
Tabel 2. Hasil pengujian aspal (Sumber: Pengujian Laboratorium 2024)

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Satuan	Ket.
1	Berat jenis aspal	1.02	$\geq 1,0$	gr/cc	Memenuhi
2	Titik lembek aspal	48.50	≥ 48	$^{\circ}\text{C}$	Memenuhi
3	Penetrasi pada 25 $^{\circ}\text{C}$	66.40	60-70	0,1 mm	Memenuhi
4	Kehilangan berat aspal	0.35	$\leq 0,8$	%	Memenuhi

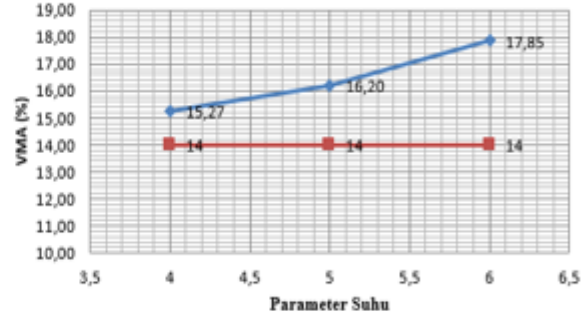
Dari hasil pengujian diatas diperoleh berat jenis sebesar 1.02 gr/cc, titik lembek sebesar 48.50 $^{\circ}\text{C}$, Penetrasi pada 25 $^{\circ}\text{C}$ sebesar 66.40 mm, Kehilangan berat aspal sebesar 0.35 %.

Hasil Pengujian Marshall

1. Stabilitas adalah ketahanan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya, tanpa mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur.



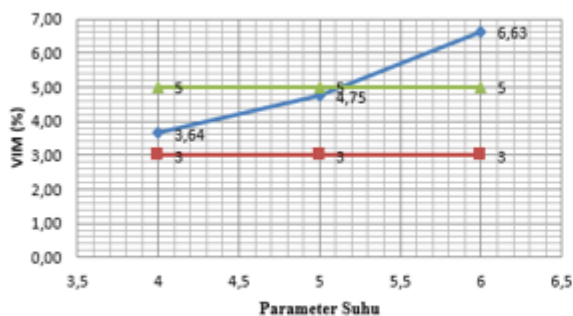
(a)



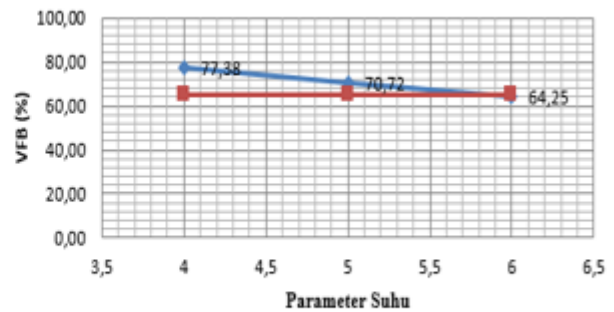
(b)

Gambar 2. (a). Hubungan suhu dan Stabilitas, (b) hubungan Suhu dan VMA

Gambar 2(a), menunjukkan hubungan stabilitas dan Suhu, pada suhu 140 C, 150 C dan 160 C mengalami kenaikan. Dari grafik nilai stabilitas tertinggi yaitu pada Suhu 160 C sebesar 1438,07 kg. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai stabilitas minimum untuk lalu lintas berat yaitu 800 kg. Gambar 2(b), menunjukkan hubungan VMA dan suhu, pada suhu 140 C, 150 C dan 160 C mengalami kenaikan. Dari grafik nilai VMA tertinggi yaitu pada suhu 160 C sebesar 17,85 %, dan nilai VMA terendah yaitu pada suhu 140 C sebesar 15,27 %. Ditinjau dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VMA (Void In Mineral Aggregate) minimal 14 %.



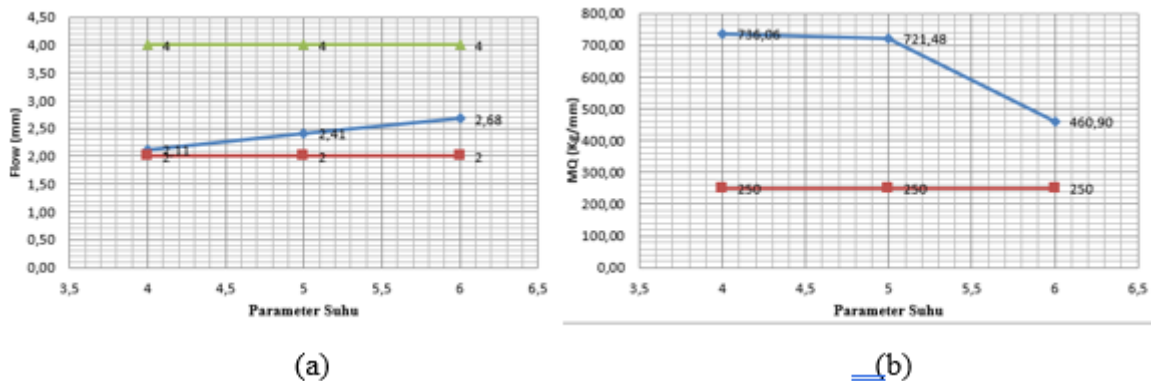
(a)



(b)

Gambar 3. (a) Hubungan Suhu dan VIM, (b) Hubungan suhu dan VFB

Gambar 3(a), menunjukkan hubungan VIM dan Suhu, pada suhu 140 C, 150 C dan 160 C mengalami kenaikan. Dari grafik nilai VIM tertinggi yaitu pada suhu 160 C sebesar 6,63 %, dan nilai VIM terendah yaitu pada suhu 140 C sebesar 3,64 %. Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 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 Suhu 140 C dan 150 C, Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar suhu yang digunakan semakin meningkatkan nilai VIM (Void In Mix). Gambar 3(b), menunjukkan hubungan VFB dan suhu, pada suhu 140%, 150% dan 160% mengalami penurunan. Dari grafik nilai VFB tertinggi yaitu pada suhu 140% sebesar 77,38 %, dan nilai VFB terendah yaitu pada suhu 160% sebesar 64,25%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar suhu yang digunakan nilai VFB semakin menurun. Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VFB minimal 65 %. Nilai VFB yang memenuhi persyaratan yaitu pada suhu 4% dan 5%.



Gambar 4. (a) Hubungan kadar aspal dan Flow, (b) Hubungan kadar aspal dan MQ

Gambar 4(a), menunjukkan hubungan Flow dan suhu, pada suhu 140%, 150% dan 160% mengalami Kenaikan. Dari grafik nilai Flow tertinggi yaitu pada suhu 160% sebesar 2,68 mm, dan nilai Flow terendah yaitu pada suhu 140% sebesar 2,11 mm Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar suhu yang digunakan nilai VFB semakin meningkat. Gambar 4(b) grafik menunjukkan hubungan MQ dan suhu, pada suhu 140%, 150% dan 160% mengalami penurunan. Dari grafik nilai MQ tertinggi yaitu pada suhu 140% sebesar 736,06 Kg/mm dan nilai MQ terendah yaitu pada suhu 160% sebesar 460,90 Kg/mm Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar suhu yang digunakan nilai MQ semakin menurun.

5. KESIMPULAN

1. Karakteristik Variasi Suhu pada campuran aspal AC-BC untuk variasi suhu 140 C°, 150 C° dan 160 C°, dari hasil pengujian vim pada suhu 160 C° dengan nilai 6,63 tidak memenuhi spesifikasi, pada nilai VFB pada suhu 160 tidak memenuhi spesifikasi dengan nilai VFB 64,25, untuk nilai stabilitas, VMA, flow, MQ semua memenuhi spesifikasi. sehingga dapat ditarik kesimpulan semakin besar suhu dapat membuat campuran aspal tidak efektif atau kualitas dari aspal AC-BC semakin menurun.
2. Pengaruh Variasi Suhu terhadap campuran aspal AC-BC tidak optimal karena semakin besar parameter Suhu dapat menurunkan kualitas AC-BC. Hasil pembuktian dari uji marshal beberapa variasi suhu yang tidak memenuhi spesifikasi membuat beberapa pengujian marsall tidak lolos spesifikasi dan hasil density yang kurang padat.

REFERENSI

- Arthur, W. P. S., dkk. (2003). *Proyek jalan: Teori dan praktek*. Erlangga.
- Bazar Asmawi. (2020). Durabilitas campuran aspal AC-BC terhadap perubahan suhu. *Jurnal Sesiminasi Teknologi*, 8(1), 76–89.
- Khairani, C., Saleh, S. M., & Sugiarto, S. (2018). Uji Marshall pada campuran asphalt concrete binder course (AC-BC) dengan tambahan parutan ban bekas. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 559–570. <https://doi.org/10.24815/jts.v1i3.9995>
- Lucia, N. (2022). Pengaruh viskositas. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(1).
- Ma'ruf, A., & Marianti, A. (2022). Optimasi produksi aspal hotmix dengan pendekatan triangular fuzzy number. *Prosiding SEMSINA*, 3(1), 98–105. <https://doi.org/10.36040/semsina.v3i1.5023>
- Nofrianto, H., Wahab, W., Syofian, N., & Wardi, S. (2021). Kajian bahan pengisi (filler) pada campuran panas aspal agregat (AC-BC). *Menara Ilmu*, XV(01), 56–66. <https://jurnal.umsb.ac.id/index.php/menarailmu/article/view/2381>
- Rahwamati. (2002). Metode pengujian dengan Marshall. *Jurnal Teknik Sipil*, 68–74.
- Refi, A. (2021). Efek pemakaian pasir laut sebagai agregat halus pada campuran aspal panas (AC-BC) dengan pengujian Marshall. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 6.
- Spesifikasi Bina Marga. (2018). *Ketentuan sifat-sifat campuran*.
- Sukirman, S. (2016). *Beton aspal campuran panas*. Institut Teknologi Nasional.
- Utama, G. S., & Febriani, S. N. (2014). Pengaruh penggunaan batu kapur sebagai pengganti agregat halus pada campuran aspal beton (AC-BC). *PILAR Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 99–106.

- Winayati, W., Lubis, F., & Haris, V. T. (2017). Pengaruh filler abu tandan sawit terhadap karakteristik Marshall pada campuran AC-BC. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 19–26. <https://doi.org/10.31849/siklus.v3i1.370>
- Yuniarti, R., Mahendra, M., Karyawan, I. A., Widianty, D., & Hasyim, H. (2022). Pengaruh viskositas aspal modifikasi limbah styrofoam dan limbah PVC terhadap sifat volumetrik campuran laston. *Spektrum Sipil*, 9(2), 143–150. <https://doi.org/10.29303/spektrum.v9i2.247>
- Zahara, N. A., Kurniawati, I., & Fatikasari, A. D. (2023). Analisa pengaruh variasi tumbukan pada lapisan aspal AC-BC terhadap nilai stabilitas dan flow. *Rekayasa: Jurnal Teknik Sipil*, 7(2). http://36.88.105.228/index.php/jurnal_rekayasa_teknik_sipil/article/view/1805