

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Konstruksi jalan di Indonesia yang ada saat ini mayoritas menggunakan campuran aspal hotmix. 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. Campuran aspal ini digunakan sebagai bahan perkerasan permukaan jalan, baik jalan yang memiliki tingkat lalu lintas ringan, sedang atau berat. Dalam merencanakan campuran aspal hotmix, perlu diperhatikan hubungan antara suhu pencampuran dan kekentalan aspal, baik aspal biasa ataupun juga aspal retona blend 55. Biasanya sebelum dilakukan perencanaan campuran, terlebih dahulu ditentukan kekentalan (viskositas) material bitumen. Nilai kekentalan inilah yang nantinya menjadi acuan untuk menentukan suhu pencampuran.

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. 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.

Masalah yang paling dikhawatirkan yaitu apabila campuran aspal tersebut diaplikasikan untuk perkerasan jalan dan rongga-rongga yang terdapat pada campuran aspal ini terisi oleh air, maka dapat mempercepat kerusakan perkerasan aspal apabila dilalui oleh beban kendaraan. Sebaliknya jika suhu pemadatan terlalu tinggi, saat dilakukan pemadatan untuk pemadatan campuran aspal, efek dari suhu yang tinggi dan pemadatan bisa mengakibatkan agregat yang digunakan menjadi rusak atau hancur, terutama untuk agregat kasar. Kerusakan ini akan sangat berpengaruh terhadap nilai stabilitas campuran aspal. Untuk menentukan tinggi suhu pencampuran dan pemadatan campuran aspal, dapat diperoleh dari pengujian viskositas aspal. 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. 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.

Pada penelitian ini dianalisa pengaruh temperatur terhadap sifat campuran aspal beton dalam proses pencampurannya. Temperatur yang diuji pada proses

pencampuran campuran dibagi menjadi 3 variasi temperatur, yaitu <145 C (dibawah spesifikasi), 145-155 C (Sesuai spesifikasi), >155 C (melebihi spesifikasi). Hasil uji Marshall campuran aspal beton yang ditinjau berdasarkan pengaruh variasi temperatur pemadatan yaitu stabilitas, Marshall Quotient (MQ), Kelelehan, Rongga dalam Campuran (VIM), dan Rongga dalam Agregat (VMA).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas adapun rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi temperatur pencampuran terhadap nilai parameter marshall pada campuran aspal AC-WC ?
2. Bagaimana pengaruh variasi temperatur terhadap kinerja pencampuran lapis aspal AC-WC

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian sebagai berikut

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pencampuran terhadap nilai parameter marshall pada campuran aspal AC-WC.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap kinerja pencampuran lapis aspal AC-WC.

D. Batasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di Labolatorium Jalan dan Aspal, Universitas Muhammadiyah Parepare.
2. Ketentuan bahan dalam penelitian ini yaitu:

- a. Aspal yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60-70.
 - b. Material agregat kasar dan agregat halus diambil dari PT. WIN WAHANA Wipta Marga Kabupaten Pinrang.
 - c. *Filler* yang digunakan adalah semen.
 - d. Suhu pencampuran yang di gunakan $<145\text{ C}^\circ$, 145 C° - 155 C° , $>155\text{ C}^\circ$.
3. Pengujian material agregat dalam penelitian meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan, pengujian keausan agregat kasar (abrasi), dan pengujian analisa saringan agregat.
 4. Pengujian aspal dalam penelitian meliputi pengujian penetrasi, titik lembek, kehilangan berat aspal, dan berat jenis aspal.
 5. Menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang dilakukan penulis pada tugas akhir ini yaitu:

1. Dapat mengetahui persen rongga diantara agregat (VMA), persen rongga dalam campuran (VIM), persen rongga terisi aspal (VFB), stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*) dan *Marshall Quatinet*.
2. Dapat mengetahui suhu efektif dalam pencampuran aspal

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori yang menyangkut dengan penelitian ini dan digunakan sebagai landasan serta hasil tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian sebelumnya yang bersifat relevan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, bahan dan alat, prosedur penelitian, teknik pengumpulan data, teknik analisis data, dan diagram alir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. 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. Pemilihan agregat yang digunakan pada suatu konstruksi perkerasan jalan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi, bentuk butir, kekuatan, kelekatan pada aspal, tekstur permukaan dan kebersihan. Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beraspal dibagi atas dua fraksi, yaitu :

1. Agregat Kasar Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan.

Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Kasar (*Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018*)

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%

Lanjutan Tabel 2.1

		Magnesium Sulfat		Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90*)	
	Lainnya		95/90**)	
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5	Maks. 5%	
	Lainnya		Maks. 10%	
Material lolos Ayakan No. 200			SNI ASTM C117: 2012	Maks. 1%

2. Agregat halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.8 (2,36 mm). Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Ketentuan Agregat Halus (*Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018*)

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%

Lanjutan Tabel 2.2

Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpulan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat		Maks 1%
Agregat lolos ayakan no. 200	SNI ASTM C117 : 2012	Maks. 10%

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terjadi dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen- fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan prosentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan prosentase volume.

Pemilihan agregat yang akan digunakan harus memperhatikan ketersediaan bahan dilokasi, jenis konstruksi, gradasi, ukuran maksimum, kebersihan, daya tahan, bentuk, tekstur, daya letak agregat terhadap aspal dan berat jenis lainnya.

3. Nilai Kekuasaan Agregat

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis dan kimiawi. Agregat dapat mengalami degradasi, yaitu perubahan gradasi, akibat pecahnya butir agregat. Kehancuran agregat dapat disebabkan oleh proses mekanis, seperti gaya-gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan perkerasan jalan (penimbunan, penghamparan dan pemadatan), pelayanan terhadap beban lalu lintas, dan proses kimiawi, seperti pengaruh kelembapan, kepanasan, dan perubahan suhu sepanjang hari.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi sangat ditentukan oleh jenis agregat, gradasi campuran, ukuran partikel, bentuk agregat dan besarnya energy yang dialami oleh agregat tersebut:

4. Bentuk Dan Tekstur Agregat

Berdasarkan bentuknya , partikel atau butir agregat dikelompokkan sebagai berbentuk bulat, lonjong, pipih, kubus, tak beraturan atau mempunyai bidang pecahan.

a. Agregat Berbentuk Bulat

Agregat yang ditemui di sungai pada umumnya telah mengalami erosi, sehingga berbentuk bulat (*rounded*) dan licin. Bidang kontak antar agregat berbentuk bulat sangat sempit, hanya berupa titik sunggung, sehingga menghasilkan penguncian antar agregat yang tidak baik dan menghasilkan kondisi kepadatan lapisan perkerasan yang kurang baik.

b. Agregat Berbentuk Kubus

Agregat berbentuk kubus (*cubical*) pada umumnya merupakan agregat hasil pemecahan batu massif atau hasil pemecahan mesin pemeca batu. Bidang kontak agregat ini luas, sehingga mempunyai daya saling mengunci yang baik. Kesetabilan yang diperoleh lebih baik dan lebih tahan terhadap pormasi. Agregat ini merupakan agregat yang terbaik untuk dipergunakan sebagai material perkerasan jalan.

c. Agregat Berbentuk Lonjong

Agregat berbentuk lonjong (*elongated*) dapat ditemukan disungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjang

lebih dari 1,8 kali diameter rata-rata. Indeks kelonjongan (*elongated index*) adalah persentase berat agregat lonjong berat total. Sifat campuran agregat bentuk lonjong ini hampir sama dengan agregat berbentuk bulat.

d. Agregat Berbentuk Pipih

Agregat berbentuk pipih (*flacky*) merupakan hasil produksi dari mesin pemecah batu, dan biasanya agregat ini memang cenderung pecah dengan bentuk pipih. Agregat pipih yaitu agregat yang ketebalannya lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata. Indeks kepipihan adalah berat total agregat yang lolos slot dibagi berat total agregat yang tertahan slot pada ukuran nominal tertentu.

B. 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. Menurut Wignall (2003) aspal dapat dibagi menjadi 2 (dua), yaitu:

1. Aspal Alam

Aspal alam dapat berasal dari bantuan pegunungan (*rock asphalt*) dan danau (*lake asphalt*). Aspal buatan didapat dari proses destilasi minyak bumi, dengan pemanasan 350 dibawah tekanan atmosfer untuk memisahkan fraksi-fraksi ringan, seperti gasoline (bensin), (Suryadharma, 2008), yaitu:

- a. Aspal keras/panas (asphalt cement, AC)
- b. Aspal dingin/cair (cut back asphalt)
- c. Aspal emulsi (amulsion asphalt)

Penggunaan yang paling umum adalah jenis aspal keras (AC), aspal jenis ini berbentuk padat pada temperatur antara 25 -30

2. Aspal Buatan

Penggunaan yang paling umum adalah jenis aspal keras (AC), aspal jenis ini berbentuk padat pada temperatur antara 25 C -30 C. Di Indonesia AC terdiri dari beberapa jenis, yaitu:

- a. AC pen 40/50
- b. AC pen 60/70
- c. AC pen 80/100
- d. AC pen 120/150
- e. AC pen 200/300

Di Indonesia umumnya dipakai AC pen 60/70 atau AC pen 80/100. Syarat umum AC adalah berasal dari saringan minyak bumi, harus mempunyai sifat yang sejenis, kandungan kadar parafinnya tidak lebih dari 2% dan tidak mengandung air/busa pada temperatur 175 AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course)

AC-BC merupakan lapis perkerasan yang berfungsi sebagai lapis antara, yaitu diantara AC-WC (*asphalt concrete-wearing course*) sebagai lapis pondasi bawah. Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak

digunakan oleh departemen permukiman dan prasarana wilayah adalah AC-WC/lapisan aus aspal beton.

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.

C. Beton Aspal

Beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisanlapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisanlapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Adapun susunan lapis konstruksi perkerasan lentur terdiri dari (Silvia Sukirman, 1999) :

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.

Tabel 2.3 Ketentuan Sifat-sifat Campuran (Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018)

Sifat-Sifat Campuran		Laston					
		WC		BC		BASE	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar Aspal Efektif (%)		5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan Aspal (%)	Max	1,2					

Lanjutan Tabel 2.3

Jumlah Tumbukan Perbidang		7,5		112
Rongga Dalam Campuran (%)	Min	3,5		
	Max	5,0		
Rongga Dalam Agregat (VMA)(%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	63	60

Menurut (Sukirman 2003) Lapisan Aspal Beton (Laston) adalah suatu lapisan pada struktur jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi dicampuran, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (SNI 03-1737-1989). Tebal nominal minimum Laston (AC) adalah 4 – 7,5 cm (Spesifikasi Umum 2018) Sesuai fungsinya Laston (AC) mempunyai 3 macam campuran yaitu:

- 1. Laston sebagai lapisan aus**, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete- Wearing Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm. Lapisan ini harus memiliki permukaan yang rata dan nyaman serta memiliki kekesatan yang tinggi karena merupakan lapisan yang langsung bersentuhan dengan roda kendaraan.
- 2. Laston sebagai lapisan antara**, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm. Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan

atau regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *Base* dan *Sub Grade*.

- 3. Laston sebagai lapisan pondasi**, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), dengan tebal nominal minimum adalah 7,5 cm. Lapisan ini berfungsi untuk memberi dukungan atau menerima beban kendaraan dari lapisan AC-BC untuk selanjutnya diteruskan kembali ke lapisan pondasi bawah.

D. 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*). Prinsip kerja dari pemeriksaan viskositas aspal ialah menentukan waktu yang dibutuhkan suatu benda uji mengalir melalui lubang kapiler di dalam viskometer kapiler pada temperatur tertentu. Hasil yang diperoleh adalah nilai viskositas dari benda uji pada suhu temperatur tersebut. Agar pencampuran dan pemadatan pada campuran aspal dan agregat menghasilkan campuran yang baik, maka salah satu parameter yang harus diperhatikan adalah kekentalan aspal harus cukup, sehingga peran aspal sebagai bahan pengikat bisa maksimal.

E. 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.

1. Pengujian Marshall

Kinerja beton aspal padat ditentukan melalui pengujian benda uji yang meliputi:

- a. Penentuan volume berat benda uji
- b. Pengujian nilai stabilitas, adalah kemampuan maksimum beton aspal pada menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis
- c. Pengujian kelelahan (flow), adalah besarnya perubahan bentuk dari aspal pada akibat adanya beban sampai batas keruntuhan
- d. Perhitungan question marshall, adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan flow
- e. Perhitungan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal pada (VIM, VMA, dan VFA)
- f. Perhitungan tebal selimut atau film aspal.

2. Langkah-Langkah Uji Marshall

Secara garis besar langkah-langkah pengujian marshall meliputi :

- a. Persiapan benda uji
- b. Penentuan berat jenis bulk dari benda uji
- c. Pemeriksaan nilai stabilitas dan flow
- d. Perhitungan sifat volumetric benda uji

3. Parameter dan formula perhitungan

Parameter formula untuk menganalisa campuran aspal beton adalah sebagai berikut:

a. Berat Jenis Bulk Dan Apparent Total Agregat

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi Agregat kasar, agregat halus dan beban pengesi/filler yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering (bulk specific gravity) dan berat jenis semua (apparent grafity)

b. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis maksimum campuran (Gmm) diukur dalam AASHTO T.209-90, maka berat jenis efektif campuran (Gse), kecuali rongga udara dalam partikel agregat yang menyerap aspal padat dihitung dengan rumus berikut :

c. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran, Gmm pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga msaing-masing kadar aspal. Berat jenis maksimum dapat ditentukan dengan AASHTO T.209-90. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Sebaliknya pengujian berat jenis maksimum dilakukan dengan benda uji sebanyak minimum dua buah (duplikat) atau tiga buah (triplikat).

d. Berat Jenis Bulk Campuran Padat

Perhitungan berat jenis bulk campuran setelah pemadatan (Gmb) dinyatakan dalam gram/cc dengan rumus sebagai berikut:

e. Rongga Diantara Mineral Agregat (VMA)

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang disetat agregat).

1) Rongga Di Dalam Campuran (*Void In The Compacted Mixture/ VIM*)

Rongga udara dalam campuran (V_a) atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut :

2) Rongga udara yang terisi aspal (*Voids Filled with Asphalt/ VFA*)

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

3) Stabilitas

Nilai stabilitas adalah kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis. Nilai ini diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat Marshall. Selain itu pada umumnya alat Marshall yang digunakan bersatuan Lbf (*pound force*), sehingga harus disesuaikan satuannya terhadap satuan kilogram. Selanjutnya nilai

tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan atau volume benda uji.

4) Flow

Flow (Kelelahan) adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan. Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas seperti di atas Nilai flow berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja untuk alat uji jarum dial flow biasanya sudah dalam satuan mm (milimeter), sehingga tidak perlu dikonversikan lebih lanjut.

5) Hasil Bagi Marshall

Hasil bagi mashall / marshall quotient (MQ) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan. Sifat marshall tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

6) Durabilitas Standar

Prosedur pengujian durabilitas mengikuti rujukan SNI M-58-1990. Uji perendaman dilakukan pada temperatur $60\pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Masing-masing golongan terdiri dari 2 sampel yang direndam pada bak perendaman untuk semua variasi kadar aspal. Spesifikasi Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah untuk mengevaluasi keawetan campuran adalah pengujian Marshall perendaman di dalam air pada suhu 60°C selama 24 jam.

F. Penelitian Terdahulu

1. Mas Nurjana. 2020. "Optimasi Kadar aspal Pertamina Terhadap Karakteristik Aspal Beton (AC-WC) Menggunakan Variasi Agregat Batuan Lokal Gunung

Balapulang”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *Marshall* menggunakan bahan pengikat aspal Pertamina AC 60/70 dengan menggunakan *Flow* (kelelehan), *VIM (Void In Mix)*, *VMA (Void In Mineral Agregate)* *VFB (Void Filled Bitumen)* dan *Marshall Quotient (MQ)*. Penelitian ini menggunakan metode pengujian campuran beraspal panas (*Hot Mix*) dengan metode *Marshall*. Penelitian ini Terdiri dari 5 Varian dan masing-masing varian menggunakan kadar aspal yang berbeda antara lain 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%. Dan perkadar dibuatkan masing-masing 3 sample benda uji. Pelaksanaan peneliian dilakukan di Laboratarium Teknik sipil Universitas Pancasakti Tegal dan Laboratarium PT, Nisaana Hasna Rizqy. Tahapan pengujian meliputi Pemeriksaan Agregat Agregat kasar dan agregat halus), pemeriksaan aspal AC 60/70, Pemeriksaan filler, pembuatan benda uji campuran beton aspal dan pengujian marshall. Hasil uji kinerja karakteristik Marshall didapat kadar Optimum 5,5% dan hasil rata Stabilitas Marshall 1550,0 kg, nilai rerata *Flow* (kelelehan) 4,00 mm, nilai *Density* (kepadatan) 2,340 gr/cc, nilai *VMA (Void In Mineral Agregate)* 14,40%, nilai rerata *Vim (Void In Mix)* 3,70%, nilai rerata *VFB (void Filled Bitumen)* 76,20%, dan nilai rerata *Marshall Quotient (MQ)* 440,0 kg/mm

2. Nauval Rizky. 2021. “Pengaruh Subtitusi Styrofoam Pada Campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)* Dengan Pengujian Marshall”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya nilai perbandingan karakteristik aspal yang menggunakan substitusi *Styrofoam* dengan aspal yang tidak menggunakan *Styrofoam*. Aspal yang digunakan pada penelitian adalah

aspal dengan penetrasi 60/70 dengan Persentase campuran *styrofoam* yang digunakan adalah 2%, 2,5%, dan 3% dari total berat Kadar Aspal Optimum. Pada setiap variasi campuran terdapat 3 benda uji. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 5,99%. Nilai *bulk density* pada kadar *styrofoam* 2% sebesar 2,346 gr/cc, kadar *styrofoam* 2,5% sebesar 2,357 gr/cc, kadar *styrofoam* 3% sebesar 2,356 gr/cc. Nilai *stability* pada kadar *styrofoam* 2% sebesar 828 kg, kadar *styrofoam* 2,5% sebesar 853 kg, kadar *styrofoam* 3% sebesar 878 kg. Nilai VIM pada kadar *styrofoam* 2% sebesar 3,66%, kadar *styrofoam* 2,5% sebesar 3,20%, kadar *styrofoam* 3% sebesar 3,25%. Nilai VFA pada kadar *styrofoam* 2% sebesar 76,42%, kadar *styrofoam* 2,5% sebesar 78,08%, kadar *styrofoam* 3% sebesar 78,94%. Nilai VMA pada kadar *styrofoam* 2% sebesar 14,9%, kadar *styrofoam* 2,5% sebesar 14,5%, dan kadar *styrofoam* 3% sebesar 15,3%. Nilai flow pada kadar 2% sebesar 2,47 mm, pada kadar 2,5% sebesar 2,76 mm, kadar 3% sebesar 3,01 mm. Aspal dengan campuran *styrofoam* memenuhi nilai spesifikasi.

3. Fani.L.A,dkk,2019. “Pemanfaatan Agregat Sungai Wanggar Kabupaten Nabire Sebagai Bahan Campuran AC-WC dan AC-BC”. Penelitian ini dilakukan untuk menguji karakteristik campuran Laston AC-WC dan AC-BC dengan batu dan pasir dari Sungai Wanggar. Metodologi dalam penelitian ini adalah melakukan serangkaian pengujian karakteristik berupa agregat kasar, halus dan filler lalu merancang komposisi campuran kemudian pembuatan benda uji berupa campuran Laston AC-WC dan AC-BC serta pengujian Marshall untuk mendapatkan karakteristik campuran dan pengujian Marshall

Immersion untuk mendapatkan Indeks Perendaman (IP)/Indeks Kekuatan Sisa (IKS)/Durabilitas campuran yang berkadar *filler* optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik bahan perkerasan dengan menggunakan batu apung sebagai *filler* memenuhi spesifikasi sebagai bahan lapisan perkerasan jalan. Melalui uji *Marshall* diperoleh karakteristik campuran Laston AC-WC dengan kadar aspal 6,50% dan Laston AC-BC dengan kadar aspal 5,14%. Hasil pengujian *Marshall Immersion* campuran Laston AC-WC dan Laston AC-BC mendapatkan Indeks Perendaman (IP)/Indeks Kekuatan Sisa (IKS) sebesar 95,11% dan 94,41% yang berarti melampaui syarat batas yaitu $\geq 90\%$ sehingga campuran tahan terhadap perendaman dalam air.

4. Gabriel Pabia Palimbunga, Rais Rachman, Alpius, 2020. "Penggunaan Agregat Sungai Batu Tiakka' pada Campuran AC-WC" Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik penggunaan agregat Sungai Batu Tiakka' dalam Campuran AC-BC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik bahan perkerasan berupa agregat Sungai Batu Tiakka Kecamatan Saluputti memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 sebagai bahan lapisan perkerasan jalan. Melalui uji *Marshall* diperoleh karakteristik campuran AC-BC dengan kadar aspal 5,00%, 5,50%, 6,00%, 6,50%, 7,00%. Hasil pengujian *Marshall immersion* campuran AC-BC dengan kadar aspal optimum 7,00% diperoleh Indeks Kekuatan Sisa (IKS) sebesar 93,47% yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu 90%. Di mana hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa agregat Sungai Batu Tiakka

Kecamatan Saluputti dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan dalam campuran AC-BC karena memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. 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. Selanjutnya dibuat 2 buah sampel masing-masing dengan kadar aspal bervariasi untuk menentukan Kadar Aspal Optimum.

Tabel 3.1 Sampel Penelitian Pada Suhu <145 C°

No.	Kadar Aspal	Sampel
1	4.0%	2
2	4.5%	2
3	5.0%	2
4	5.5%	2
5	6.0%	2
6	6.5%	2
Jumlah Sampel		12

Tabel 3.2 Sampel Penelitian Pada Suhu 145 C°-155 C°

No.	Kadar Aspal	Sampel
1	4.0%	2
2	4.5%	2
3	5.0%	2
4	5.5%	2
5	6.0%	2
6	6.5%	2
Jumlah Sampel		12

Tabel 3.3 Sampel Penelitian Pada Suhu 155 C°>

No.	Kadar Aspal	Sampel
1	4.0%	2
2	4.5%	2
3	5.0%	2
4	5.5%	2
5	6.0%	2
6	6.5%	2
Jumlah Sampel		12

B. Waktu Dan Tempat Penelitian

Adapun waktu dan tempat dilaksanakannya penelitian ini adalah dimulai pada bulan Agustus 2023 sampai pada bulan September 2023 di laboratorium Jalan dan Aspal Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare.

C. Bahan Dan Alat

1. Bahan

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.

2. Alat

Peralatan yang akan digunakan untuk melakukan pemeriksaan material yaitu:

a. Alat untuk pemeriksaan agregat, terdiri dari:

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- 2) Oven
- 3) Keranjang
- 4) Talang
- 5) Piknometer/gelas ukur, dengan kapasitas 500 ml
- 6) Mesin Los Angeles
- 7) Bola-bola baja
- 8) Satu set saringan: 1½", 1", ¾", ½", 3/8", 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200, Pan.
- 9) Sendok material.
- 10) Mesin penggetar untuk saringan (*sieve shaker*).

b. Alat untuk pemeriksaan aspal, terdiri dari:

- 1) Termometer
- 2) Kompor gas
- 3) Piknometer
- 4) Bejana gelas, tahan terhadap pemanasan mendadak
- 5) Timbangan
- 6) Cincin kuningan
- 7) Bola baja

- 8) Dudukan benda uji, lengkap dengan pengarah bola baja dan plat dasar.
- 9) Alat penetrasi
- 10) Pengukur waktu (*stopwatch*)

c. Alat untuk pengujian marshall, terdiri dari:

- 1) Kompor
- 2) Wajan dan sodek
- 3) Cetakan (*mold*) berbentuk silinder
- 4) Penumbuk (*compactor*)
- 5) Pengangkat briket (dongkrak hidrolis)
- 6) *Water bath*
- 7) Satu set alat marshall terdiri dari kepala penekan yang berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 2500 kg dengan arloji tekan, dan arloji penunjuk kelelahan.

D. Prosedur Penelitian

Tahap pemeriksaan bahan material agregat dan aspal. Berikut pengujian-pengujian yang dilakukan di laboratorium meliputi:

1. Pemeriksaan karakteristik agregat kasar

a. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*), berat jenis kering semu (*apparent*), serta untuk mengetahui persentase berat air yang terkandung (dapat diserap) oleh agregat kasar yang dihitung terhadap berat keringnya. Adapun cara pengujiannya sebagai berikut:

- 1) Siapkan alat dan bahan.
- 2) Menyaring benda uji kemudian diambil yang tertahan di saringan No.4 kemudian dicuci untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada agregat.
- 3) Benda uji direndam dalam air selama 24 jam.
- 4) Setelah direndam selama 24 jam, kemudian dilap dengan kain sampai selaput air permukaan agregat hilang (dalam keadaan kering SSD) kemudian timbang beratnya.
- 5) Timbang berat keranjang kosong.
- 6) Timbang keranjang dan benda uji dalam air.
- 7) Masukkan benda uji dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam dan keluarkan serta dinginkan lalu timbang berat benda uji kering oven.

b. Keausan agregat kasar (abrasi)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap gesekan atau benturan (keausan) dengan menggunakan mesin Los Angeles. Adapun cara pengujiannya sebagai berikut:

- 1) Mengambil benda uji di lapangan kemudian diayak. Tertahan saringan $\frac{1}{2}$ " diambil sebanyak 2500 gr dan tertahan saringan $\frac{3}{8}$ " sebanyak 2500 gr jadi total agregat 5000 gr.
- 2) Benda uji dioven selama ± 24 jam dengan suhu 110°C , setelah itu dinginkan lalu timbang beratnya.
- 3) Masukkan benda uji dan bola-bola baja sebanyak 11 biji ke dalam mesin Los Angeles. Putar mesin sebanyak 500 putaran.

- 4) Setelah selesai pemutaran, mengeluarkan benda uji dari mesin kemudian disaring dengan saringan No. 12.
- 5) Benda uji yang tertahan saringan No. 12 dicuci, lalu dioven selama \pm 24 jam dengan suhu 110°C .
- 6) Mengeluarkan benda uji dari oven, lalu menimbang beratnya.

c. Analisa saringan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat dengan menggunakan saringan. Adapun cara pengujiannya sebagai berikut:

- 1) Mengambil sampel agregat kasar kemudian dicuci terlebih dahulu, kemudian menimbang berat agregat kasar.
- 2) Benda uji dikeringkan dalam oven selama dengan suhu selama \pm 24 jam dengan suhu 110°C .
- 3) Benda uji disaring sesuai dengan urutan saringan.
- 4) Ayak benda uji dengan menggunakan alat penggetar selama 15 menit.
- 5) Diamkan benda uji sejenak dan menghilangkan debu yang terbang.
- 6) Timbang agregat yang tertahan diatas tiap saringan.

2. Pemeriksaan karakteristik agregat halus

a. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry= SSD*), berat jenis kering semu (*apparent*), serta untuk mengetahui persentase berat air

yang terkandung (dapat diserap) oleh agregat halus yang dihitung terhadap berat keringnya. Adapun cara pengujiannya sebagai berikut:

- 1) Mengambil sampel benda uji.
- 2) Menyaring benda uji yang lewat saringan No. 4 sebanyak 250 gr.
- 3) Mencuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan lain yang melekat pada permukaan agregat.
- 4) Merendam benda uji selama ± 24 jam.
- 5) Setelah 24 jam, benda uji dihampar di udara terbuka sambil di aduk-aduk sampai diperoleh benda uji kondisi SSD.
- 6) Timbang picnometer kosong.
- 7) Mengisi picnometer dengan air, kemudian menimbang picnometer + air kemudian dicatat.
- 8) Air yang berada dalam picnometer dikeluarkan, kemudian memasukkan sampel kedalam picnometer lalu masukkan air hingga penuh kemudian ditimbang.
- 9) Mengeluarkan benda uji kemudian di keringkan menggunakan kain.
- 10) Masukkan benda uji kedalam oven selama 24 jam pada suhu 110°C .
- 11) Setelah 24 jam, keluarkan benda uji kemudian timbang beratnya.

b. Analisa saringan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat dengan menggunakan saringan. Adapun cara pengujiannya sebagai berikut:

- 1) Mengambil sampel agregat kasar kemudian dicuci terlebih dahulu, kemudian menimbang berat agregat halus.
- 2) Benda uji dikeringkan dalam oven selama dengan suhu selama ± 24 jam dengan suhu 110°C .
- 3) Benda uji disaring sesuai dengan urutan saringan.
- 4) Ayak benda uji dengan menggunakan alat penggetar selama 15 menit.
- 5) Diamkan benda uji sejenak dan menghilangkan debu yang terbang.
- 6) Timbang agregat yang tertahan diatas tiap saringan.

3. Pemeriksaan karakteristik aspal

a. Berat jenis aspal

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan nilai berat jenis bitumen (aspal). Adapun cara pengujiannya sebagai berikut:

- 1) Memanaskan sampel aspal perlahan-lahan sambil diaduk secara merata hingga mencapai suhu 110°C .
- 2) Setelah mencair, aspal dituang kedalam piknometer hingga terisi $2/3$ bagian.
- 3) Mendinginkan sampel dengan cara mendinginkannya beberapa menit
- 4) Timbang picnometer yang berisi aspal.
- 5) Masukkan air kedalam picnometer yang sebelumnya telah diisi aspal, isi sampai penuh. Lalu timbang.
- 6) Bersihkan picnometer sampai tidak ada lagi aspal tersisa didalamnya. Setelah bersih isi air hingga penuh di dalam piknometer, lalu timbang dan catat hasilnya.

7) Membersihkan piknometer, keringkan lalu timbang.

b. Pemeriksaan titik lembek aspal

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan suhu berapa aspal akan mulai melembek atau menentukan nilai atau suhu titik lembek aspal.

Adapun cara pengujiannya sebagai berikut:

- 1) Memanaskan sampel aspal perlahan-lahan sambil diaduk secara merata.
- 2) Setelah mencair, aspal dituang ke dalam 2 buah cincin di atas pelat kaca.
- 3) Mendinginkan 2 buah cincin pada suhu sekurang-kurangnya 8°C di bawah titik lembeknya selama 30 menit.
- 4) Setelah dingin, permukaan sampel dalam cincin diratakan dengan pisau yang telah dipanaskan.
- 5) Memasang dan mengatur kedua benda uji di atas dudukan dan meletakkan pengarah bola di atasnya kemudian masukkan seluruh peralatan tersebut ke dalam bejana gelas.
- 6) Isi bejana dengan air suling baru, dengan suhu $\pm 5^{\circ}\text{C}$
- 7) Meletakkan thermometer di antara kedua benda uji
- 8) Meletakkan bola-bola baja yang bersuhu 5°C
- 9) Memanaskan bejana sehingga kenaikan suhu menjadi 5°C per menit.
- 10) Setelah bola menyentuh dasar bejana akibat pemanasan yang terjadi, percobaan dihentikan lalu hasilnya dicatat.

c. Pemeriksaan kehilangan berat aspal

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kehilangan berat aspal dengan cara pemanasan yang dinyatakan dalam persen. Adapun cara pengujiannya sebagai berikut:

- 1) Timbang cawan kosong.
- 2) Memanaskan aspal keras perlahan-lahan serta aduk hingga cukup cair untuk dapat dituangkan.
- 3) Setelah aspal keras cair merata, tuangkan ke dalam cawan yang telah disiapkan dan diamkan hingga dingin.
- 4) Setelah dingin timbang benda uji.
- 5) Setelah sampel aspal ditimbang, cawan + contoh aspal dioven selama \pm 5 jam.
- 6) Sampel didinginkan pada suhu ruang, kemudian ditimbang.

d. Pemeriksaan penetrasi aspal

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan aspal. Adapun cara pengujiannya sebagai berikut:

- 1) Memanaskan aspal keras perlahan-lahan serta mengaduk hingga cukup cair dapat dituangkan. Aduk perlahan lahan agar udara tidak masuk kedalam aspal cair.
- 2) Setelah aspal keras cair merata, tuang ke dalam cawan yang telah disiapkan dan didiamkan hingga dingin.
- 3) Menutup benda uji agar bebas dari debu dan didiamkan pada suhu ruang selama 1 jam.

- 4) Memasukkan benda uji dalam bak perendaman yang telah mencapai suhu yang ditentukan.
- 5) Memeriksa pemegang jarum agar dapat dipasang dengan baik dan membersihkan jarum penetrasi dengan toluene atau pelarut lain kemudian mengeringkan jarum dengan lap bersih dan memasang jarum pada pemegang jarum.
- 6) Memindahkan benda uji tersebut pada tempat air yang berada di bawah alat penetrasi.
- 7) Menurunkan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji.
- 8) Melepaskan pemegang jarum bersamaan dengan menjalankan stopwatch selama jangka waktu yang di tentukan (5 detik).
- 9) Memutar arloji penetrometer dan membaca angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk.
- 10) Melepaskan jarum dari pemegang jarum dan menyiapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya.
- 11) Melakukan pekerjaan diatas 5 kali untuk benda uji yang sama, dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan dan tepi dinding berjarak lebih dari 1 cm.

4. Pengujian marshall

Tujuan dilakukan pengujian marshall adalah untuk mengetahui karakteristik campuran dan menentukan kadar aspal optimum pada campuran. Adapun cara pengujiannya sebagai berikut:

- a. Membuka contoh benda uji dari mold.
- b. Membersihkan kertas kertas filter.
- c. Mengukur ketebalan masing masing benda uji dengan 3 sisi.
- d. Benda uji ditimbang kering dan benda uji ditimbang dalam air.
- e. Benda uji direndam 10-15 menit lalu ditimbang SSD.
- f. Benda uji direndam dalam waterbath dengan suhu 60°C selama 30 – 40 menit. Selang 5 menit benda uji yang lain dimasukkan lagi. Ulangi langkah 6 sampai benda uji terakhir.
- g. Benda uji dimasukkan kedalam mold untuk diuji marshalnya.
- h. Menyalakan alat uji marshall sampai benda uji rapat pada *proving ring* kemudian mematikan alat lalu nolkan pembacaan.
- i. Menyalakan alat kembali sampai jarum pembacaan tidak bergerak lagi atau turun lalu mematikan alat dan catat pembacaan stabilitas dan flow.
- j. Menormalkan kembali alat lalu keluarkan benda uji.
- k. Melakukan analisis berat jenis dan karakteristik campuran.
- l. Membuat grafik hubungan kadar aspal dengan karakteristik campuran yang telah dianalisis.
- m. Memasukkan data spesifikasi kedalam grafik.
- n. Menentukan kadar aspal optimum pada campuran.
- o. Menghitung kembali karakteristik campuran berdasarkan grafik dan kadar aspal optimum yang digunakan.

E. Teknik Pengumpulan Data

Dalam teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pengumpulan data sekunder dan data primer.

1. Pengumpulan data sekunder

Pada tahapan ini yang dilakukan adalah mengumpulkan data standar sesuai dengan spesifikasi yang ada, serta mencari literatur-literatur terkait dengan penelitian yang akan dilaksanakan.

2. Pengumpulan data primer

Pada tahapan ini mengumpulkan data primer dari hasil pengujian di laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare yaitu:

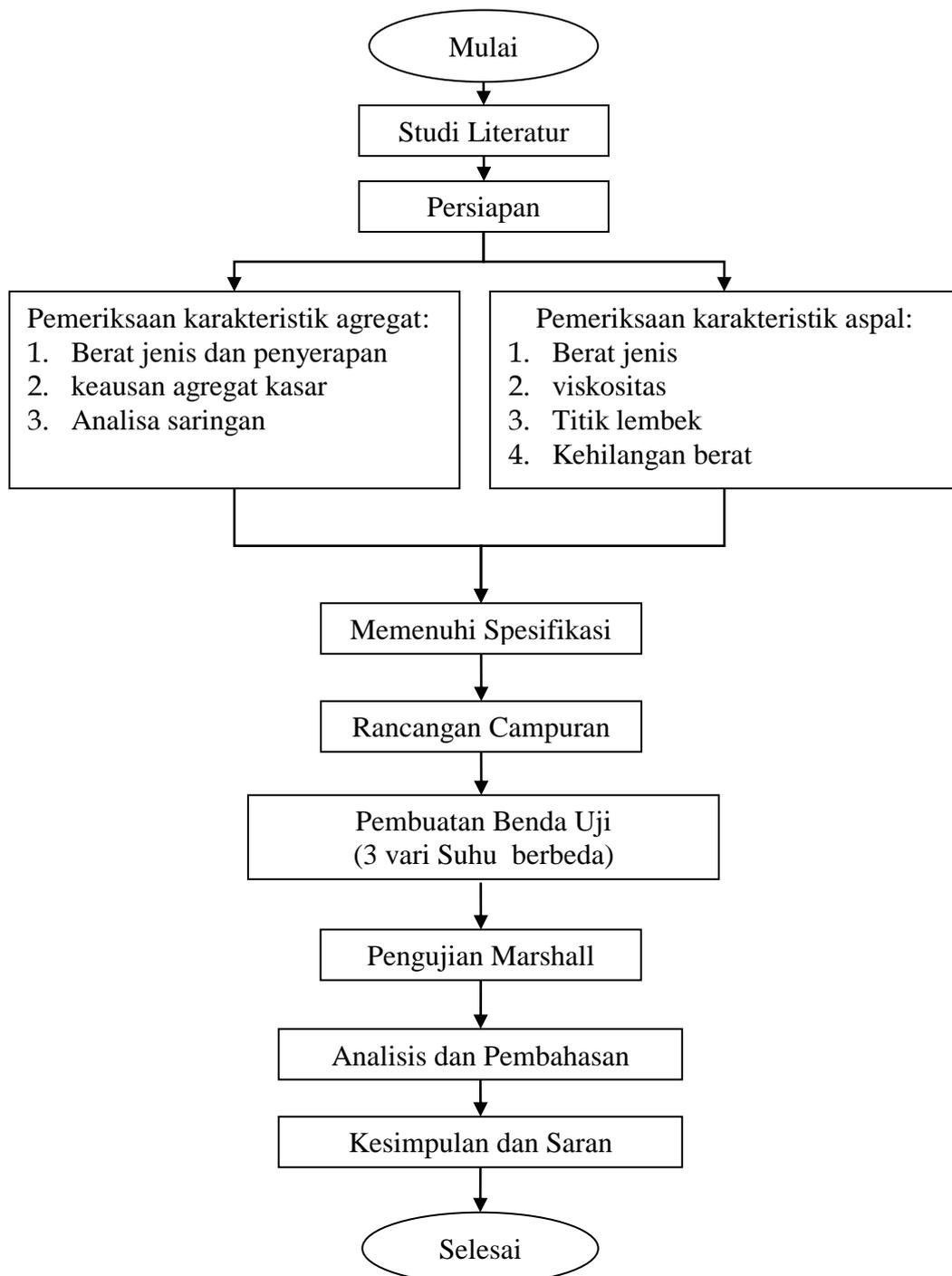
- a. Berat jenis dan penyerapan agregat
- b. Analisis saringan agregat
- c. Pengujian keausan agregat kasar (abrasi)
- d. Pemeriksaan penetrasi
- e. Pemeriksaan titik lembek
- f. Pemeriksaan berat jenis aspal
- g. Pemeriksaan kehilangan berat aspal
- h. Uji Marshall

F. 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.

G. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan Agregat dan Aspal

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat pada penelitian ini terdiri atas pengujian berat jenis agregat kasar dan halus.

1. Berat jenis agregat kasar 1-2

Hasil pengujian terhadap agregat kasar 1-2 berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar 1-2 (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Sat.	Ket.	Sumber
1	Berat jenis bulk	2.73	Min 2.5	gr	Memenuhi	SNI 1969 : 2016
2	Berat jenis kering permukaan	2.76			Memenuhi	
3	Berat jenis semu	2.81			Memenuhi	
4	Penyerapan (Absorption)	1.01	Maks. 3	%	Memenuhi	

Dari pengujian berat jenis agregat kasar 1-2 di atas 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 %.

2. Berat jenis agregat kasar 0,5-1

Hasil pengujian terhadap agregat kasar 0,5-1 berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar 0,5-1 (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Sat.	Ket.	Sember
1	Berat jenis bulk	2.56	Min 2.5	gr	Memenuhi	SNI 1969 : 2016
2	Berat jenis kering permukaan	2.60			Memenuhi	
3	Berat jenis semu	2.66			Memenuhi	
4	Penyerapan (Absorption)	1.47	Maks. 3	%	Memenuhi	

Dari pengujian 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 %.

3. Berat jenis agregat halus (abu batu)

Hasil pengujian terhadap agregat halus (abu batu) berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Berat jenis dan penyerapan agregat halus (abu batu) (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Sat.	Ket.	Sumber
1	Berat jenis bulk	2.66	Min 2.5	gr	Memenuhi	SNI 1969 : 2016
2	Berat jenis kering permukaan	2.69			Memenuhi	
3	Berat jenis semu	2.74			Memenuhi	
4	Penyerapan (Absorption)	1.06	Maks. 3	%	Memenuhi	

Dari hasil pengujian 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 %.

B. Hasil Pemeriksaan Aspal

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap aspal AC 60-70, diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.8 dengan menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dan data selengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 4 Hasil pengujian aspal (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Satuan	Ket.	Sumber
1	Berat jenis aspal	1.02	$\geq 1,0$	gr/cc	Memenuhi	SNI 03-6893-2022
2	Titik lembek aspal	48.50	≥ 48	°C	Memenuhi	SNI 2441:2011
3	Penetrasi pada 25°C	66.40	60-70	0,1 mm	Memenuhi	SNI 2456:2011
4	Kehilangan berat aspal	0.35	$\leq 0,8$	%	Memenuhi	SNI 2432:2011

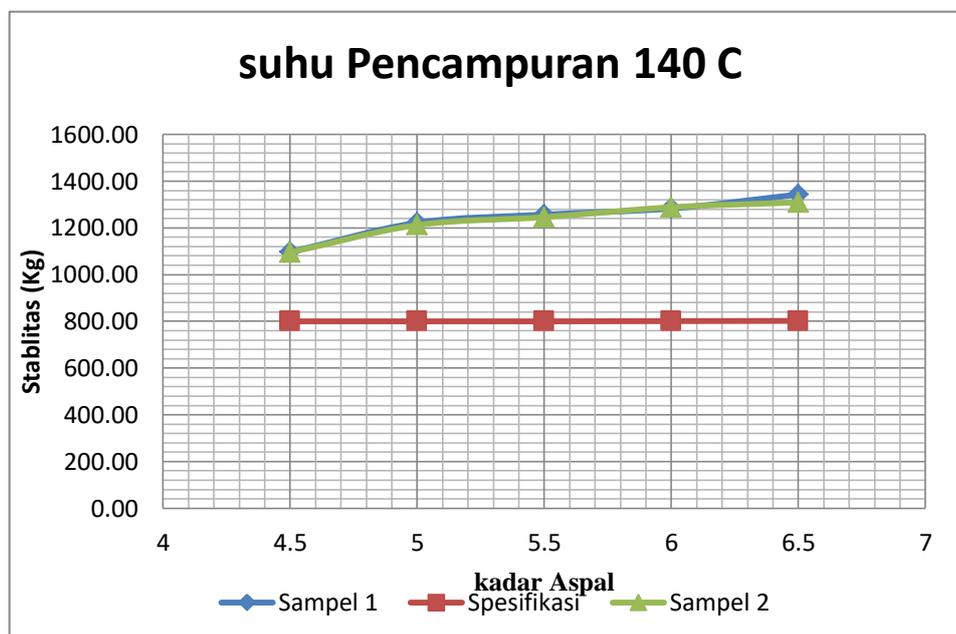
Dari hasil pengujian diatas diperoleh berat jenis sebesar 1.02 gr/cc, titik lembek sebesar 48.50 °C, Penetrasi pada 25°C sebesar 66.40 mm, Kehilangan berat aspal sebesar 0.35 %.

C. Hasil Pengujian Marshall

1. Stabilitas

Stabilitas adalah ketahanan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya, tanpa mengalami perubahan

bentuk seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian dengan alat *marshall*. Selanjutnya dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi tebal benda uji. Berikut ini adalah tabel dan gambar hubungan kadar aspal dan stabilitas :

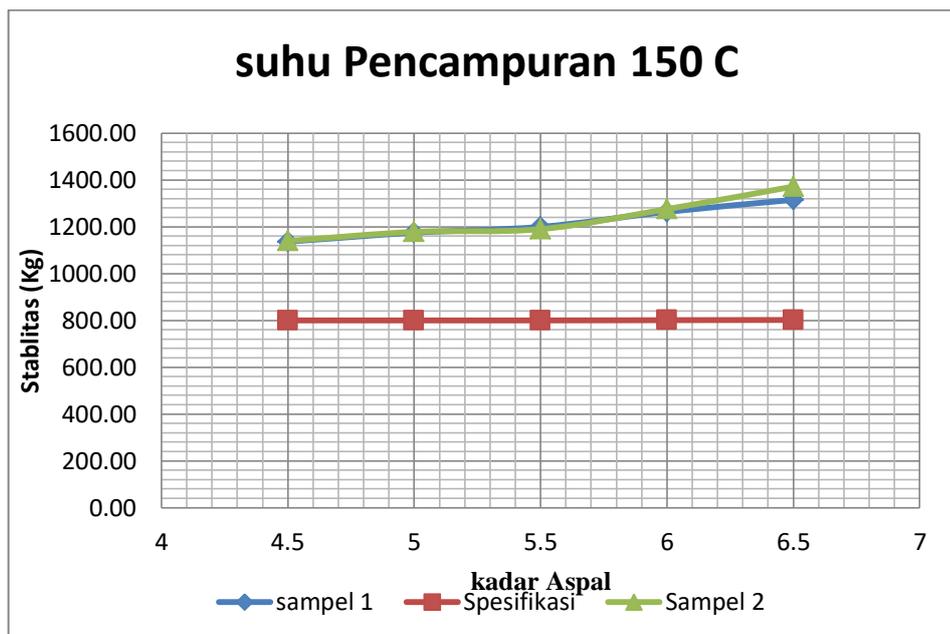


Gambar 4. 1 Grafik hubungan Stabilitas vs kadar aspal pada suhu 140 C
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024)

Tabel 4. 5 Hasil pengujian stabilitas (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Stabilitas (Kg)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
140	4.5	1096.70	1095.00	800	-	Memenuhi
140	5	1221.89	1212.08	800		Memenuhi
140	5.5	1256.77	1245.87	800		Memenuhi
140	6	1282.93	1288.38	800		Memenuhi
140	6.5	1342.88	1309.09	800		Memenuhi

Pada grafik hubungan Stabilitas vs kadar aspal pada suhu 140 C menunjukkan nilai paling tinggi pada kadar aspal 6,5 pada sampel 1 dengan nilai 1342.88 dan semua nilai stabilitas mulai dari kadar aspal 4,5 – 6,5 memenuhi. Karena spesifikasi minimal stabilitas yaitu 800.



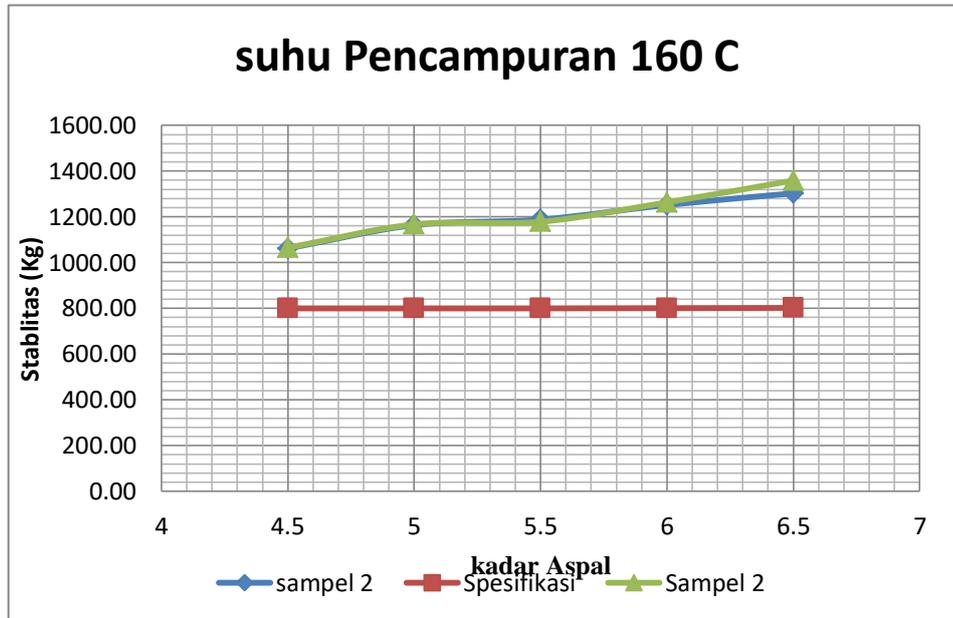
Gambar 4. 2 Grafik hubungan Stabilitas vs kadar aspal pada suhu 150 C
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024)

Tabel 4. 6 Hasil pengujian stabilitas (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Stabilitas (Kg)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
150	4.5	1136.34	1139.55	800	-	Memenuhi
150	5	1174.86	1178.07	800		Memenuhi
150	5.5	1199.47	1189.84	800		Memenuhi
150	6	1263.67	1275.44	800		Memenuhi
150	6.5	1315.03	1371.74	800		Memenuhi

Pada grafik hubungan Stabilitas vs kadar aspal pada suhu 150 C menunjukkan nilai paling tinggi pada kadar aspal 6,5 pada sampel 2 dengan nilai

1371.44 dan semua nilai stabilitas mulai dari kadar aspal 4,5 – 6,5 memenuhi. Karena spesifikasi minimal stabilitas yaitu 800.



Gambar 4.3 Grafik hubungan Stabilitas vs kadar aspal pada suhu 160 C
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024)

Tabel 4.7 Hasil pengujian stabilitas (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

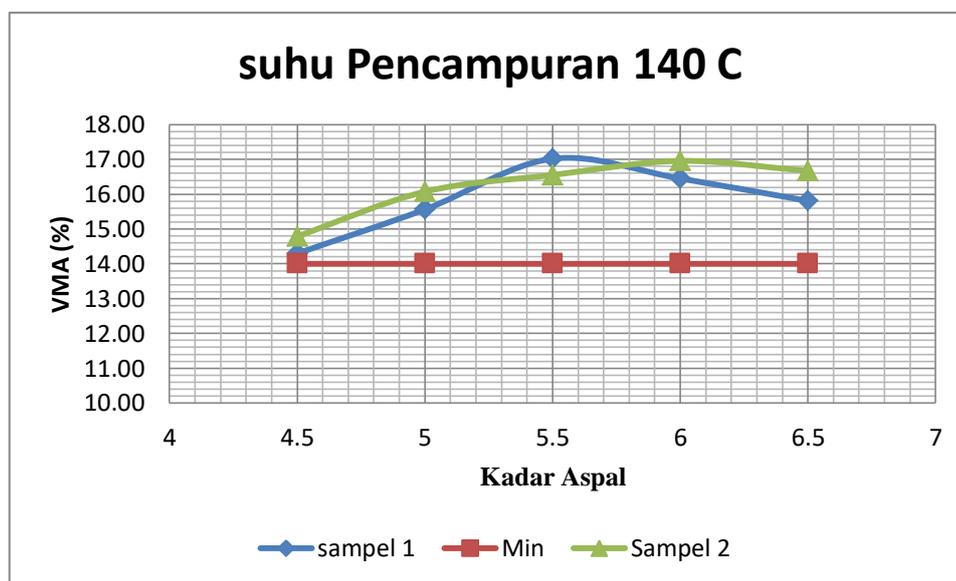
Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Stabilitas (Kg)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
160	4.5	1062.00	1065.00	800	-	Memenuhi
160	5	1163.88	1167.06	800		Memenuhi
160	5.5	1188.26	1178.72	800		Memenuhi
160	6	1251.86	1263.52	800		Memenuhi
160	6.5	1302.74	1358.92	800		Memenuhi

Pada grafik hubungan Stabilitas vs kadar aspal pada suhu 160 C menunjukkan nilai paling tinggi pada kadar aspal 6,5 pada sampel 2 dengan nilai 1358,92 dan semua nilai stabilitas mulai dari kadar aspal 4,5 – 6,5 memenuhi. Karena spesifikasi minimal stabilitas yaitu 800.

Dari gambar 4.1 – 4.3 grafik menunjukkan hubungan stabilitas dan kadar aspal dengan variasi pada suhu 140 C, 150 C dan 160 C mengalami kenaikan. Dari grafik nilai stabilitas tertinggi yaitu pada Suhu 150 C sebesar 1371.74 kg pada sampel ke-2 dengan kadar aspal 6.5. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai stabilitas minimum untuk lalu lintas berat yaitu 800 kg.

2. Rongga diantara agregat (VMA)

VMA (*void in mineral aggregate*) merupakan kadar persentase ruang rongga diantara partikel agregat pada benda uji, 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.

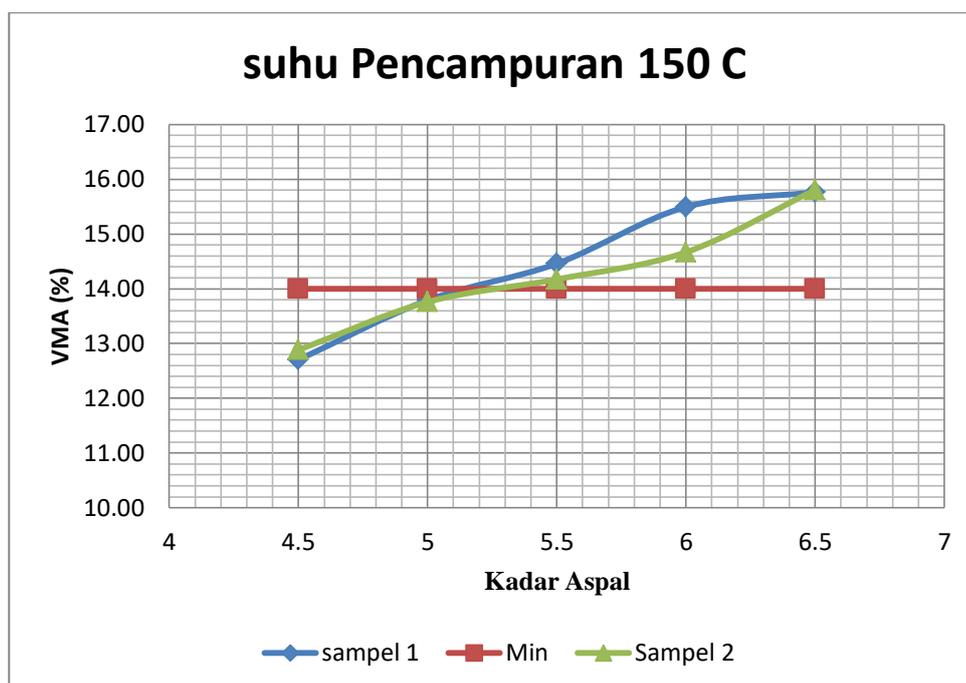


Gambar 4. 4 Grafik hubungan VMA vs kadar aspal pada suhu 140 C
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024)

Tabel 4. 8 Hasil pengujian VMA (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Nilai VMA (%)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
140	4.5	14.30	14.79	14	-	Memenuhi
140	5	15.56	16.07	14	-	Memenuhi
140	5.5	17.02	16.55	14	-	Memenuhi
140	6	16.45	16.96	14	-	Memenuhi
140	6.5	15.81	16.67	14	-	Memenuhi

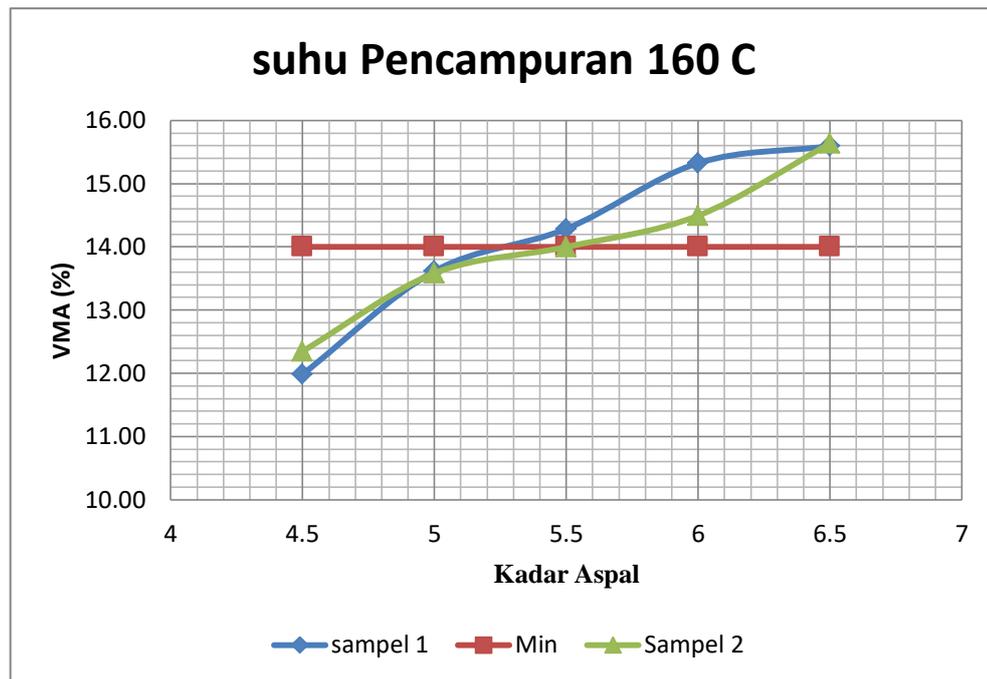
Pada grafik hubungan VMA vs kadar aspal pada suhu 140 C menunjukkan nilai paling tinggi pada kadar aspal 5,5 pada sampel 1 dengan nilai 17,02 dan semua nilai VMA mulai dari kadar aspal 4,5 – 6,5 memenuhi. Karena spesifikasi minimal VMA yaitu 14.

**Gambar 4. 5** Grafik hubungan VMA vs kadar aspal pada suhu 140 C (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024*)

Tabel 4.9 Hasil pengujian VMA (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Nilai VMA (%)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
150	4.5	12.70	12.88	14	-	Tidak memenuhi
150	5	13.79	13.76	14	-	Tidak memenuhi
150	5.5	14.46	14.17	14	-	Memenuhi
150	6	15.50	14.67	14	-	Memenuhi
150	6.5	15.76	15.80	14	-	Memenuhi

Pada grafik hubungan VMA vs kadar aspal pada suhu 150 C menunjukkan nilai paling tinggi pada kadar aspal 6,5 pada sampel 2 dengan nilai 16,80 dan nilai VMA mulai dari kadar aspal 5,5 – 6,5 memenuhi. Karena spesifikasi minimal VMA yaitu 14.

**Gambar 4.6** Grafik hubungan VMA vs kadar aspal pada suhu 160 C (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024*)

Tabel 4. 10 Hasil pengujian VMA (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

Parameter Suhu	sampel 1	Nilai VMA (%)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
160	4.5	11.98	12.35	14	-	Tidak memenuhi
160	5	13.62	13.58	14	-	Tidak memenuhi
160	5.5	14.29	14.00	14	-	Memenuhi
160	6	15.33	14.49	14	-	Memenuhi
160	6.5	15.59	15.63	14	-	Memenuhi

Pada grafik hubungan VMA vs kadar aspal pada suhu 160 C menunjukkan nilai paling tinggi pada kadar aspal 6,5 pada sampel 2 dengan nilai 15,63 dan nilai VMA mulai dari kadar aspal 5,5 – 6,5 memenuhi. Karena spesifikasi minimal VMA yaitu 14.

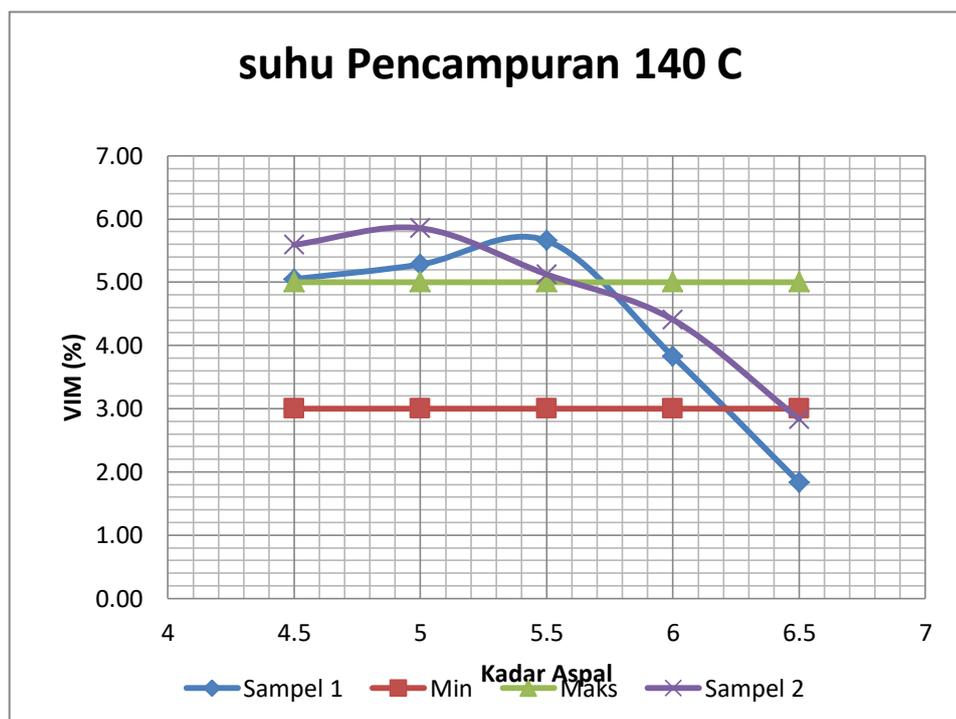
Dari gambar 4.4 – 4.6 menunjukkan hubungan VMA dan suhu, pada suhu 140 C, 150 C dan 160 C. Pada suhu 140 C semua memenuhi spesifikasi, pada suhu 150, dan 160 pada kadar aspal 4.5, dan 5.0 tidak memenuhi spesifikasi dapat dilihat pada tabel 4.8 – 4.10. Ditinjau dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VMA (Void In Mineral Aggregate) minimal 14 %.

3. Rongga Terhadap Campuran (VIM)

VIM (*void in the mix*) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Jika nilai VIM (Void In Mix) yang terlampaui 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 maka akan menyebabkan terjadi

lepasnya butiran (raveling), sedangkan air akan melarutkan bagian aspal yang tidak teroksidasi sehingga pengurangan jumlah aspal akan lebih cepat.

Nilai VIM yang terlampau rendah akan menyebabkan mudah terjadinya bleeding pada lapis keras. Selain bleeding, dengan VIM yang rendah kekakuan lapis keras akan mengalami retak dan pecah (cracking) apabila menerima beban lalu lintas karena tidak cukup lentur untuk menerima deformasi yang terjadi. Hubungan antara VIM dengan kadar aspal dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini.

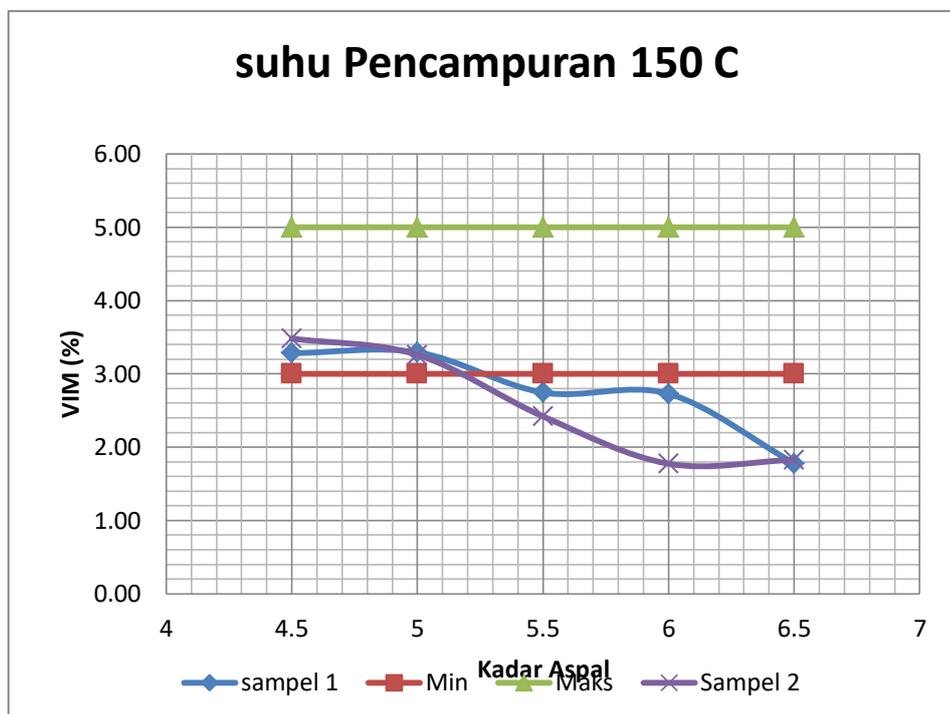


Gambar 4. 7 Grafik hubungan VIM vs kadar aspal pada suhu 140 C
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024)

Tabel 4. 11 Hasil pengujian VIM (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Nilai VIM (%)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
140	4.5	5.05	5.59	3	5	Tidak Memenuhi
140	5	5.28	5.85	3	5	Tidak Memenuhi
140	5.5	5.66	5.12	3	5	Tidak Memenuhi
140	6	3.83	4.41	3	5	Memenuhi
140	6.5	1.83	2.84	3	5	Tidak Memenuhi

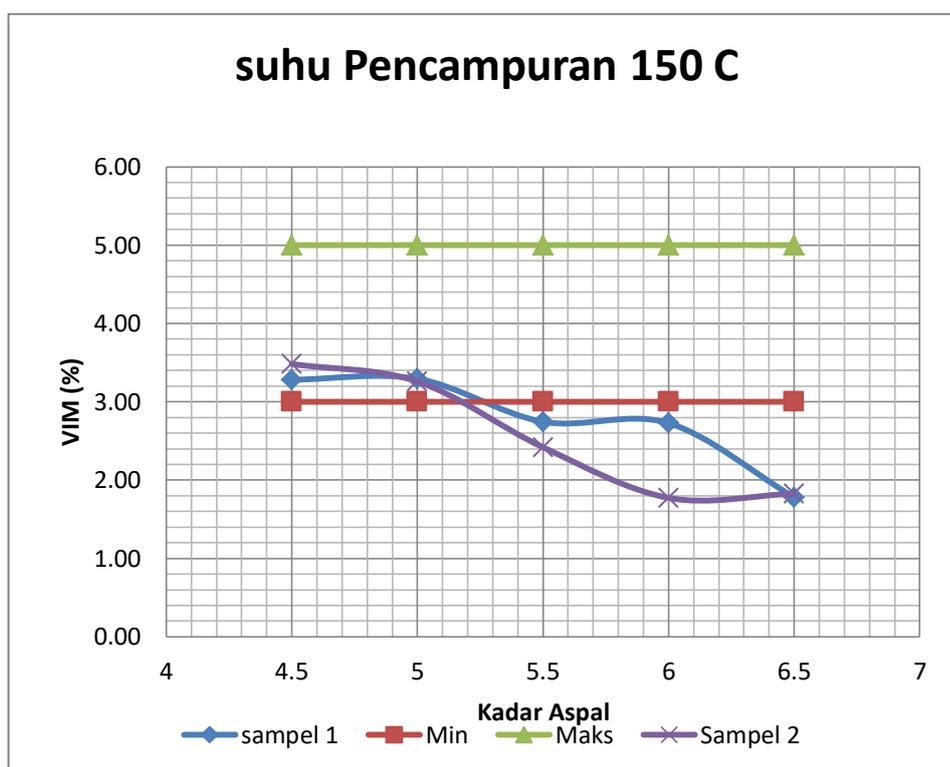
Pada grafik hubungan VIM vs kadar aspal pada suhu 140 C menunjukkan nilai yang memenuhi standar VIM yaitu pada kadar aspal 6 pada sampel 1 dan 2 dengan nilai 3,83 dan 4,41 Karena spesifikasi minimal VIM yaitu Minimal 3 dan Maksimal 5.

**Gambar 4. 8** Grafik hubungan VIM vs kadar aspal pada suhu 150 C (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024*)

Tabel 4. 12 Hasil pengujian VIM (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Nilai VIM (%)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
150	4.5	3.28	3.48	3	5	Memenuhi
150	5	3.29	3.26	3	5	Memenuhi
150	5.5	2.74	2.42	3	5	Tidak Memenuhi
150	6	2.73	1.77	3	5	Tidak Memenuhi
150	6.5	1.78	1.83	3	5	Tidak Memenuhi

Pada grafik hubungan VIM vs kadar aspal pada suhu 150 C menunjukkan nilai yang memenuhi standar VIM yaitu pada kadar aspal 4,5% dan 5% pada sampel 1 dan 2 dapat dilihat pada tabel 4.12 Karena spesifikasi minimal VIM yaitu Minimal 3 dan Maksimal 5.

**Gambar 4. 9** Grafik hubungan VIM vs kadar aspal pada suhu 160 C (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024*)

Tabel 4. 13 Hasil pengujian VIM (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

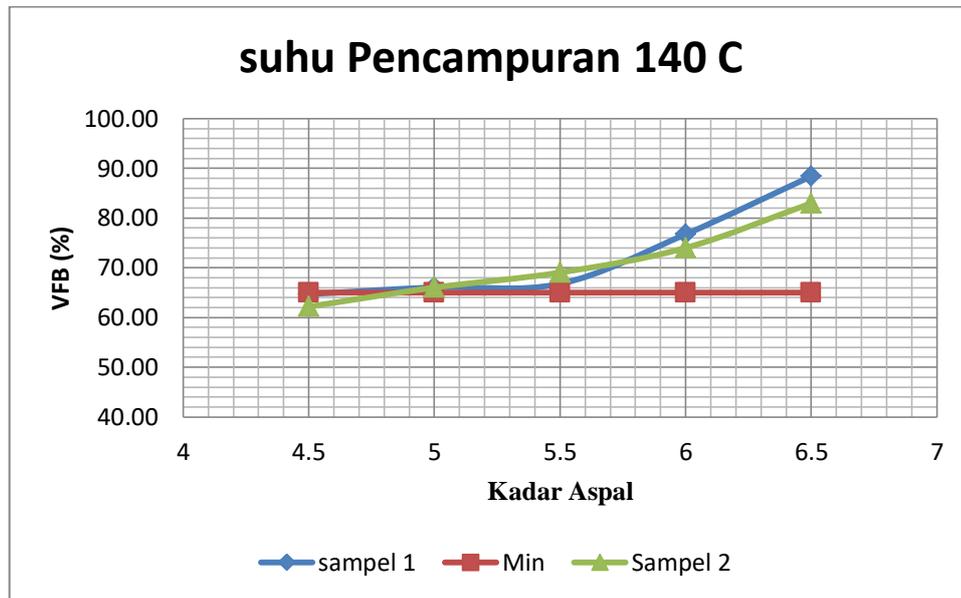
Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Nilai VIM (%)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
160	4.5	3.08	3.29	3	5	Memenuhi
160	5	3.10	3.06	3	5	Memenuhi
160	5.5	2.55	2.22	3	5	Tidak Memenuhi
160	6	2.53	1.57	3	5	Tidak Memenuhi
160	6.5	1.58	1.63	3	5	Tidak Memenuhi

Pada grafik hubungan VIM vs kadar aspal pada suhu 160 C menunjukkan nilai yang memenuhi standar VIM yaitu pada kadar aspal 4,5% dan 5% pada sampel 1 dan 2 dapat dilihat pada tabel 4.13 Karena spesifikasi minimal VIM yaitu Minimal 3 dan Maksimal 5.

Dari gambar 4.7 – 4.9 menunjukkan hubungan VIM dan kadar aspal, pada suhu 140 C, 150 C dan 160 C. Pada suhu 140 C kadar aspal 6% yang hanya memenuhi spesifikasi, pada suhu 150, dan 160 pada kadar aspal 4.5, dan 5.0 tidak memenuhi spesifikasi dapat dilihat pada tabel 4.8 – 4.10.. 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 Suhu 140 C, 150 C, 160 C.

4. Rongga terisi aspal (VFB)

VFB (Void Filled Bitumen), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan. Hubungan antara VIM dengan kadar aspal dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini.

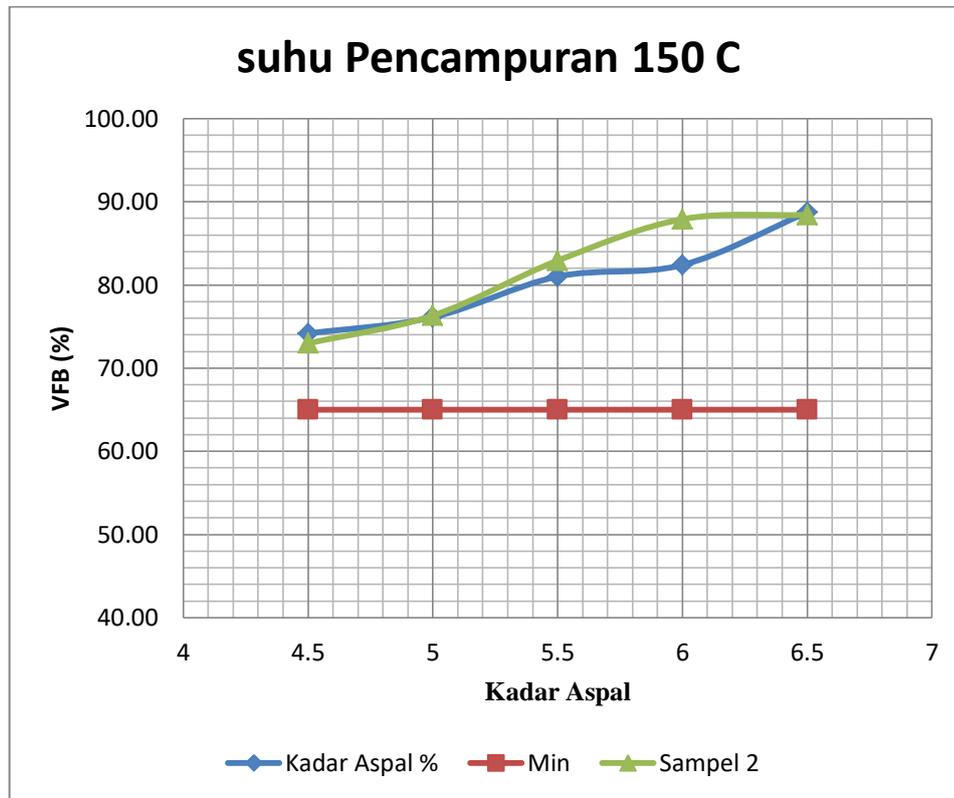


Gambar 4. 10 Grafik hubungan VFB vs kadar aspal pada suhu 140 C
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Tabel 4. 14 Hasil pengujian VFB (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Nilai VFB (%)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
140	4.5	64.68	62.18	65	-	Tidak memenuhi
140	5	66.07	66,02	65	-	Memenuhi
140	5.5	66.77	69.04	65	-	Memenuhi
140	6	76.74	74.00	65	-	Memenuhi
140	6.5	88.42	82.99	65	-	Memenuhi

Pada grafik hubungan VFB vs kadar aspal pada suhu 140 C menunjukkan nilai yang memenuhi standar VFB yaitu pada kadar aspal 5%-6,5% dapat dilihat pada tabel 4.14 Karena spesifikasi minimal VFB 65.

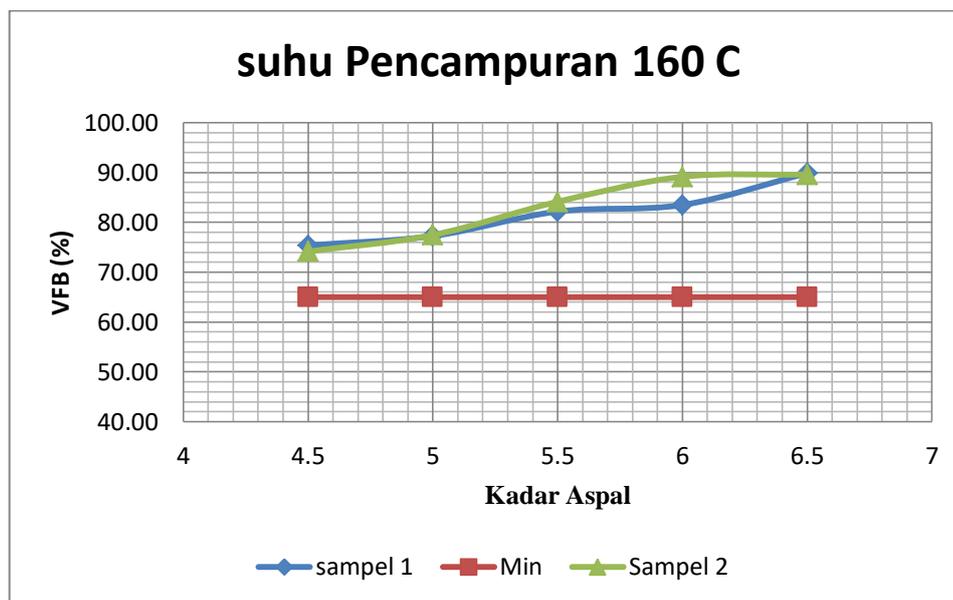


Gambar 4. 11 Grafik hubungan VFB vs kadar aspal pada suhu 150 C
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Tabel 4. 15 Hasil pengujian VFB (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Nilai VFB (%)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
150	4.5	74.16	72.97	65	-	Memenuhi
150	5	76.12	76.32	65	-	Memenuhi
150	5.5	81.02	82.93	65	-	Memenuhi
150	6	82.40	87.91	65	-	Memenuhi
150	6.5	88.71	88.44	65	-	Memenuhi

Pada grafik hubungan VFB vs kadar aspal pada suhu 150 C menunjukkan nilai yang memenuhi standar VFB yaitu pada kadar aspal 4,5%-6,5% dapat dilihat pada tabel 4.15 Karena spesifikasi minimal VFB 65.



Gambar 4. 12 Grafik hubungan VFB vs kadar aspal pada suhu 160 C
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Tabel 4. 16 Hasil pengujian VFB (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Parameter Suhu	Kadar aspal	Nilai VFB (%)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
160	4.5	75.37	74.14	65	-	Memenuhi
160	5	77.25	77.46	65	-	Memenuhi
160	5.5	82.17	84.13	65	-	Memenuhi
160	6	83.49	89.14	65	-	Memenuhi
160	6.5	89.86	89.58	65	-	Memenuhi

Pada grafik hubungan VFB vs kadar aspal pada suhu 160 C menunjukkan nilai yang memenuhi standar VFB yaitu pada kadar aspal 4,5%-6,5% dapat dilihat pada tabel 4.16 Karena spesifikasi minimal VFB 65.

Dari gambar 4.10 – 4.12 menunjukkan hubungan VFB dan kadar aspal, pada suhu 140 C, 150 C dan 160 C. Pada suhu 140 C kadar aspal 4.5% yang tidak memenuhi spesifikasi, pada suhu 150, dan 160 semua kadar aspal memenuhi spesifikasi dapat dilihat pada tabel 4.14 – 4.16. Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran

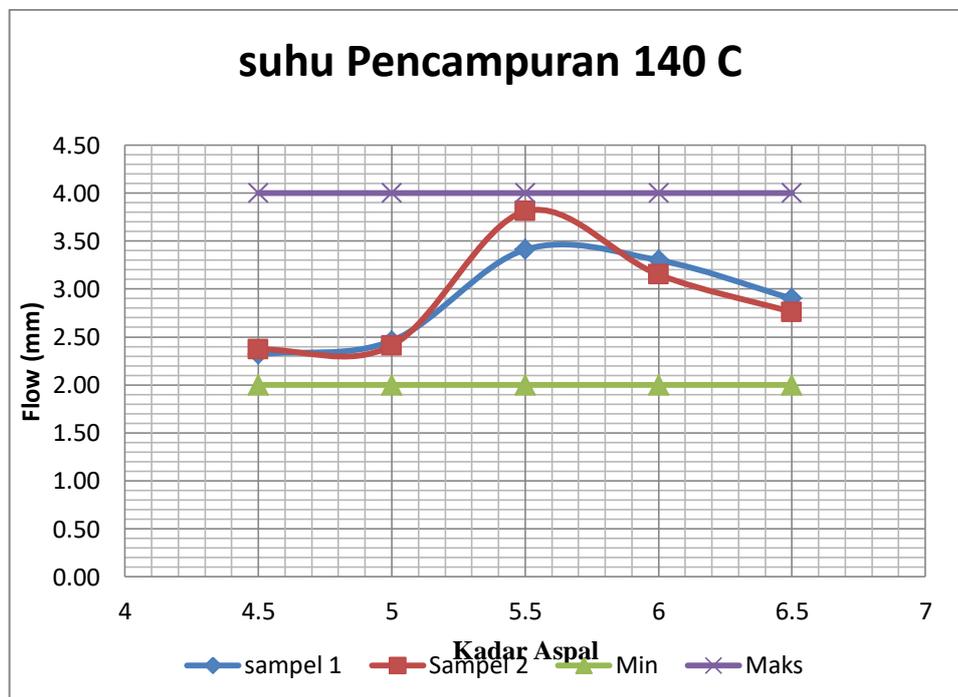
Laston nilai VFB minimal 65 %. Nilai VFB yang memenuhi persyaratan yaitu pada suhu 140 C, 150 C, dan 160 C.

5. Flow

Hubungan antara flow dengan kadar aspal dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini.

Tabel 4. 17 Hasil pengujian Flow (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Nilai Flow (mm)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
140	4.5	2.32	2.37	2	4	Memenuhi
140	5	2.46	2.41	2	4	Memenuhi
140	5.5	3.41	3.81	2	4	Memenuhi
140	6	3.30	3.15	2	4	Memenuhi
140	6.5	2.90	2.76	2	4	Memenuhi

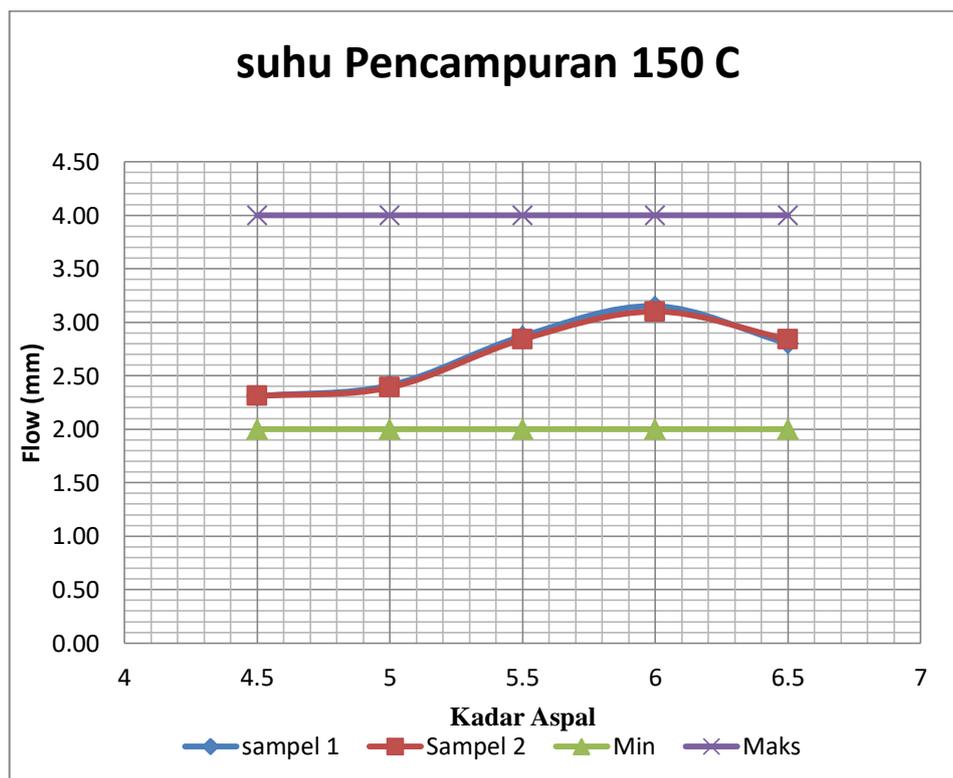


Gambar 4. 13 Grafik hubungan Flow vs kadar aspal pada suhu 140 C (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024*)

Pada grafik hubungan Flow vs kadar aspal pada suhu 140 C menunjukkan nilai yang memenuhi standar Flow yaitu pada kadar aspal 4,5%-6,5% dapat dilihat pada tabel 4.17 Karena spesifikasi Flow Minimal 2 dan maksimal 4.

Tabel 4. 18 Hasil pengujian Flow (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Nilai Flow (mm)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
150	4.5	2.31	2.31	2	4	Memenuhi
150	5	2.41	2.39	2	4	Memenuhi
150	5.5	2.87	2.84	2	4	Memenuhi
150	6	3.15	3.10	2	4	Memenuhi
150	6.5	2.80	2.84	2	4	Memenuhi

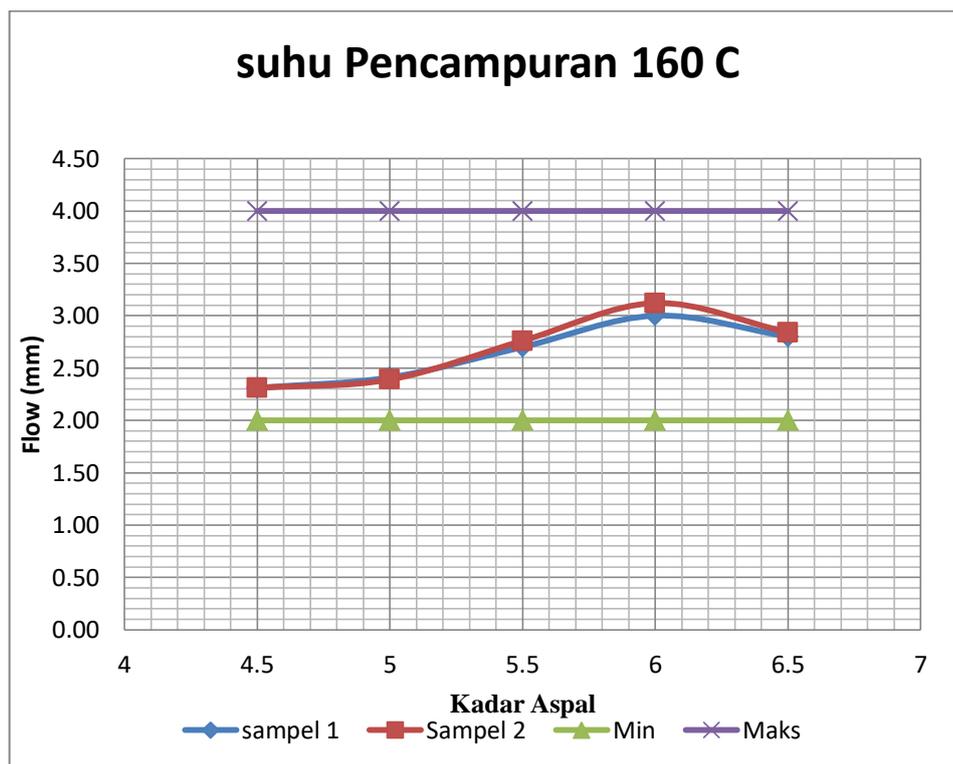


Gambar 4. 14 Grafik hubungan Flow vs kadar aspal pada suhu 150 C (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024*)

Pada grafik hubungan Flow vs kadar aspal pada suhu 150 C menunjukkan nilai yang memenuhi standar Flow yaitu pada kadar aspal 4,5%-6,5% dapat dilihat pada tabel 4.18 Karena spesifikasi Flow Minimal 2 dan maksimal 4.

Tabel 4. 19 Hasil pengujian Flow (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Nilai Flow (mm)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
160	4.5	2.31	2.31	2	4	Memenuhi
160	5	2.41	2.39	2	4	Memenuhi
160	5.5	2.70	2.76	2	4	Memenuhi
160	6	3.00	3.12	2	4	Memenuhi
160	6.5	2.80	2.84	2	4	Memenuhi



Gambar 4. 15 Grafik hubungan Flow vs kadar aspal pada suhu 160 C (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024*)

Pada grafik hubungan Flow vs kadar aspal pada suhu 160 C menunjukkan nilai yang memenuhi standar Flow yaitu pada kadar aspal 4,5%-6,5% dapat dilihat pada tabel 4.19 Karena spesifikasi Flow Minimal 2 dan maksimal 4.

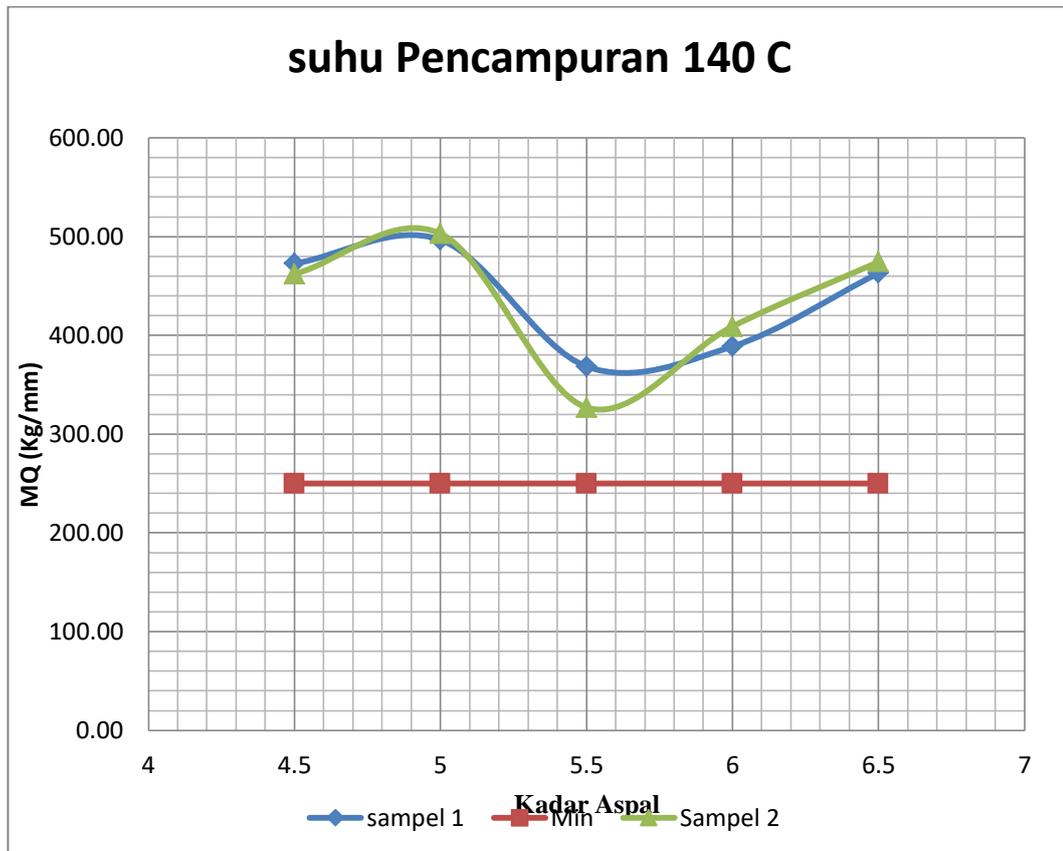
Dari gambar 4.13 – 4.15 menunjukkan hubungan Flow dan kadar aspal, pada suhu 140 C, 150 C dan 160 C. semua telah memenuhi spesifikasi dapat dilihat pada tabel 4.17 – 4.19. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai flow yang memenuhi persyaratan yaitu 2 mm – 4 mm, sehingga semua suhu yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan yang tertera pada tabel 4.9.

6. Marshall quotient (MQ)

Nilai Marshall Quotient (MQ) yaitu dari hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan (flow) merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas komposisi campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* (QM) bertanda komposisi campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil *Marshall Quotient* (QM) maka perkerasannya semakin lentur. Hubungan antara MQ dengan kadar aspal dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini.

Tabel 4. 20 Hasil pengujian *Marshall Quotient* (QM) (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Nilai MQ (Kg/mm)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
140	4.5	472.72	462.03	250	-	Memenuhi
140	5	496.70	502.94	250		Memenuhi
140	5.5	368.55	327.00	250		Memenuhi
140	6	388.77	409.01	250		Memenuhi
140	6.5	463.06	474.31	250		Memenuhi

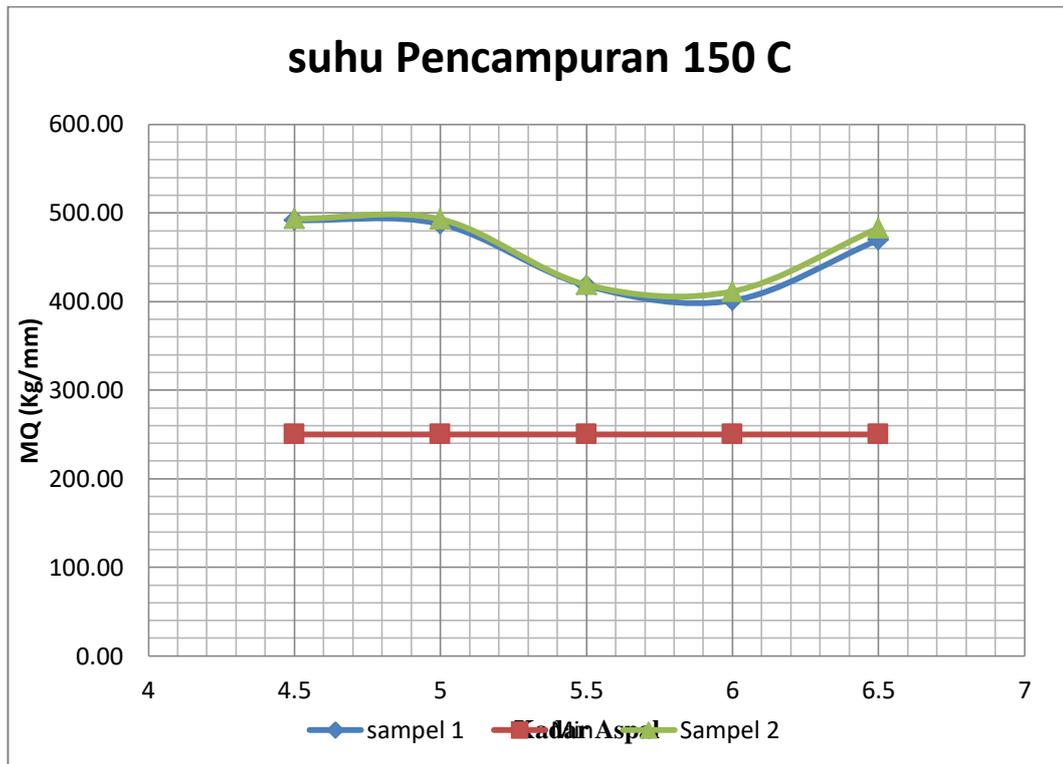


Gambar 4. 16 Grafik hubungan MQ vs kadar aspal pada suhu 140 C
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024)

Pada grafik hubungan MQ vs kadar aspal pada suhu 140 C menunjukkan nilai yang memenuhi standar MQ yaitu pada kadar aspal 4,5%-6,5% dapat dilihat pada tabel 4.20 Karena spesifikasi MQ Minimal 250.

Tabel 4. 21 Hasil pengujian *Marshall Quotient (QM)* (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Nilai MQ (Kg/mm)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
150	4.5	491.92	493.31	250	-	Memenuhi
150	5	487.49	492.92	250		Memenuhi
150	5.5	417.93	418.96	250		Memenuhi
150	6	401.17	411.43	250		Memenuhi
150	6.5	469.65	483.01	250		Memenuhi

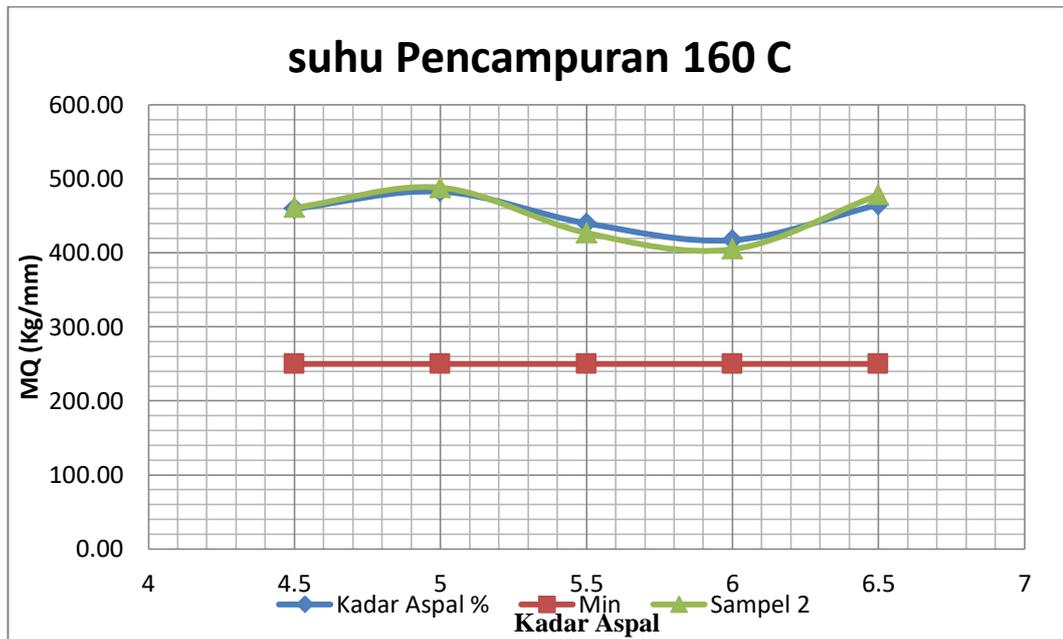


Gambar 4. 17 Grafik hubungan MQ vs kadar aspal pada suhu 150 C
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024)

Pada grafik hubungan MQ vs kadar aspal pada suhu 150 C menunjukkan nilai yang memenuhi standar MQ yaitu pada kadar aspal 4,5%-6,5% dapat dilihat pada tabel 4.21 Karena spesifikasi MQ Minimal 250.

Tabel 4. 22 Hasil pengujian *Marshall Quotient (QM)* (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Parameter Suhu	Kadar Aspal %	Nilai MQ (Kg/mm)		Spesifikasi		Keterangan
		Sampel 1	Sampel 2	Min	Maks	
160	4.5	459.74	461.04	250	-	Memenuhi
160	5	482.94	488.31	250		Memenuhi
160	5.5	440.10	427.07	250		Memenuhi
160	6	417.29	404.97	250		Memenuhi
160	6.5	465.26	478.49	250		Memenuhi



Gambar 4. 18 Grafik hubungan MQ vs kadar aspal pada suhu 160 C
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024)

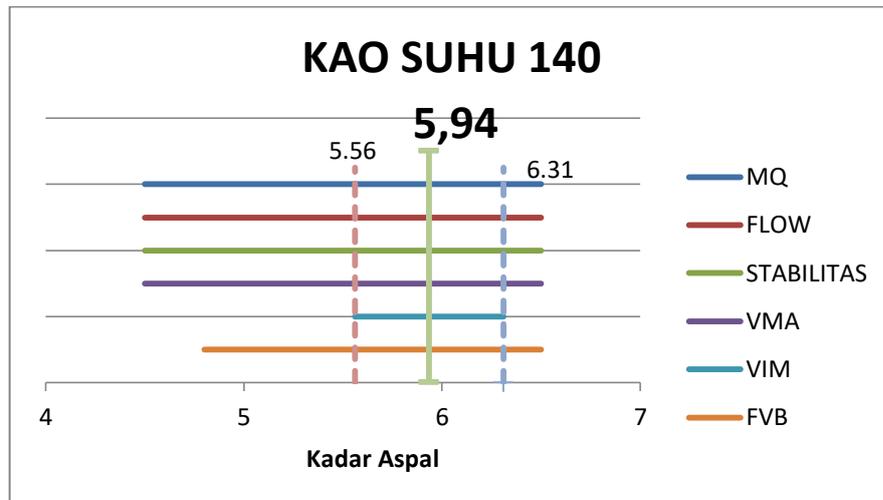
Pada grafik hubungan MQ vs kadar aspal pada suhu 160 C menunjukkan nilai yang memenuhi standar MQ yaitu pada kadar aspal 4,5%-6,5% dapat dilihat pada tabel 4.22 Karena spesifikasi MQ Minimal 250.

Dari gambar 4.16 – 4.18 menunjukkan hubungan Flow dan kadar aspal, pada suhu 140 C, 150 C dan 160 C. semua telah memenuhi spesifikasi dapat dilihat pada tabel 4.20 – 4.22. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai MQ yang memenuhi persyaratan yaitu minimal 250 mm/kg, sehingga semua suhu yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan yang tertera pada tabel 4.10.

7. KAO

a. KAO Suhu 140

Adapun KAO suhu 140 sebagai berikut

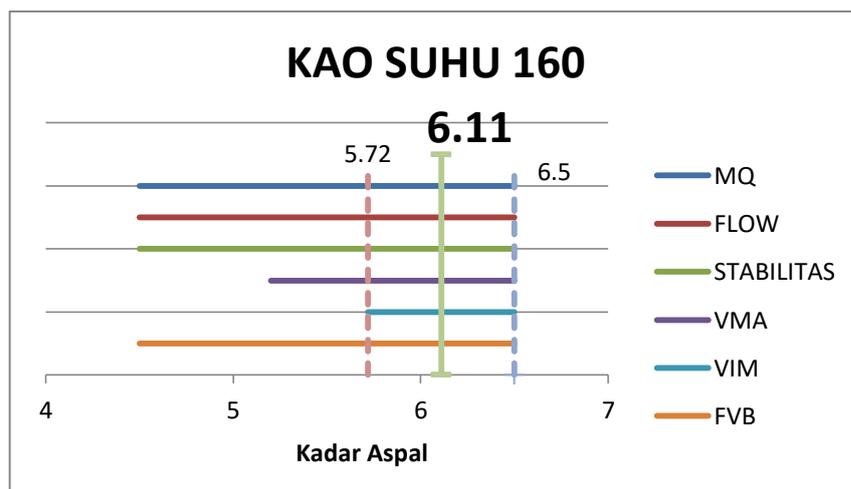


Gambar 4. 19 Grafik KAO pada suhu 140 C
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024)

Dari gambar 4.19 menunjukkan KAO pada Suhu 140 C dengan nilai 5,94 dengan batas luar 6,31 dan batas dalam 5,56 dan jika dirata rata kan mendapatkan nilai KAO 5.94.

b. KAO Suhu 150

Adapun KAO suhu 150 sebagai berikut

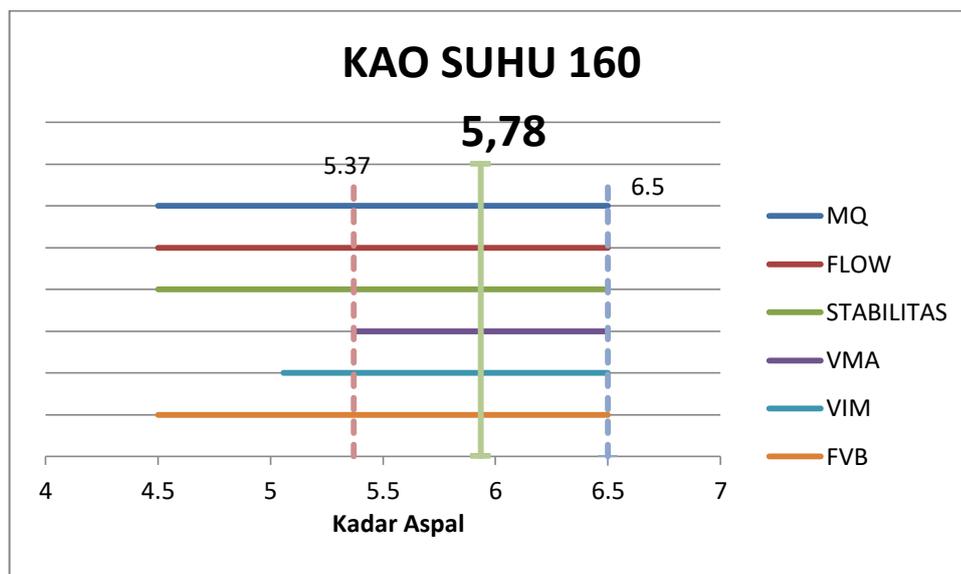


Gambar 4. 20 Grafik KAO pada suhu 150 C
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024)

Dari gambar 4.20 menunjukkan KAO pada Suhu 150 C dengan nilai 6.11 dengan batas luar 6.65 dan batas dalam 5.72 dan jika dirata rata kan mendapatkan nilai KAO 6.11.

c. KAO Suhu 160

Adapun KAO suhu 160 sebagai berikut



Gambar 4. 21 Grafik KAO pada suhu 160 C
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium2024)

Dari gambar 4.21 menunjukkan KAO pada Suhu 160 C dengan nilai 5.78 dengan batas luar 6.65 dan batas dalam 5.37 dan jika dirata rata kan mendapatkan nilai KAO 5.78.

Adapun dari ke tiga grafik di atas nilai KAO paling besar pada suhu normal atau suhu 150 C dengan nilai 6.11.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Hasil pengujian pada campuran aspal AC – BC yang telah dilakukan dilaboratorium UMParepare maka dapat didapatkan hasil :

1. Karakteristik Variasi Suhu pada campuran aspal AC-BC pada nilai VMA dan suhu, pada suhu 150, dan 160 pada kadar aspal 4.5, dan 5.0 tidak memenuhi spesifikasi dapat dilihat pada tabel 4.8 – 4.10. pada nilai VFB dan kadar aspal, pada suhu 140 C kadar aspal 4.5% yang tidak memenuhi spesifikasi, dapat dilihat pada tabel 4.14 – 4.16. pada nilai VIM dan kadar aspal, pada suhu 140 C kadar aspal 6% yang hanya memenuhi spesifikasi dan pada suhu 150, dan 160 pada kadar aspal 4.5, dan 5.0 tidak memenuhi spesifikasi dapat dilihat pada tabel 4.8 – 4.10
2. Pengaruh Variasi Suhu terhadap campuran aspal AC-BC tidak optimal jika parameter Suhu tidak sesuai standar binmarga 2018 dan 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.

B. Saran

1. Masih perlu lebih banyak lagi untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap karakteristik campuran aspal beton AC-BC menggunakan parameter suhu yang berbeda.

-
2. Untuk para kontraktor ketika menerapkan aspal di lapangan agar kiranya memperhatikan suhu pada saat penghampanan agar pada hasil yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F. (2010). Tinjauan Sifat-Sifat Agregat Untuk Campuran Aspal Panas. *Saintek Vol 5, No 1*, 1-10.
- Anggraini, M. (t.thn.). Perbandingan Gradasi Agregat Gabungan Campuran Ac-Wc Sebelum Dan Setelah Penghamparan Dengan Job Mix Formula. *Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning*, 1-16.
- Ardhian Hendy., et.al. 2016. Pengaruh Penggunaan Asbuton Butir Pada Campuran Laston. Universitas Kristen Petra.
- Asrol, S. M. (2018). Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Substitusi Buton Rock Asphalt Terhadap Rendaman Air Berlumpur. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Syiah kuala, Banda Aceh*, 1-7.
- Dionisius Natan Wurara, O. H. (2018). Kajian Perbedaan Campuran Beraspal Panas Yang. *Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.12 Desember 2018 (1095-1104) ISSN: 2337-6732*, 1-10.
- Direktorat jenderal bina marga, 2010, spesifikasi umum, edisi 2010 (Rev. 3).
- Djoko Sarwono.g., et.al. 2017. Karakteristik Ekstrak Asbuton dengan Metode Asbuton Emulsi Menggunakan Peremaja Oli Bekas dan Karakteristik Penambahan Ekstrak Asbuton Emulsi pada Aspal Penetrasi 60/70 Sebagai Modifikasi Bitumen (Semarbut Aspal Tipe III). Universitas SebelasMaret.
- Fani., Irianto., Elizabeth., & Alpius. (2019). Paulus Civil Engineering Journal. *Pemanfaatan Agregat Sungai Wanggar Kabupaten Nabire sebagai Bahan Campuran AC-WC dan AC-BC*. 1(2): 27-36.
- Husni, W. D. (2020). *Pengaruh Kadar Filler Abu Batu terhadap Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal Beton AC-BC*. Skripsi tidak dipublikasikan. Mataram: Universitas Muhammadiyah Mataram.
- I Nyoman Arya Thanaya, I. G. (2016). Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 Dengan Penambahan Lateks. *Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana*, 1-10.
- Indira, A. M. (2017). Evaluasi Gradasi Agregat Pada Campuran AC-WC Menggunakan Teori Fractal. *Jurnal Karya Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*, 1-11.

- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Mas Nurjana. 2020. Optimasi Kadar Aspal Pertamina Terhadap Karakteristik Aspal Beton (AC-BC) Menggunakan Variasi Agregat Batuan Lokal Gunung Balapulang. Universitas Pancasakti Tegal.
- Mansyur Kartini.,et.al. 2012. Studi Penggunaan Kapur Sebagai Bahan Aditif Terhadap Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Aus (Ac-Wc).
- Palimbunga, G. P., Rachman, R., & Alpius. (2020). Paulus Civil Engineering Journal. *Penggunaan Agregat Sungai Batu Tiakka' pada Campuran AC-BC*. 2(2): 112-118.
- Rante, G., Alpius., & Bestari, S. Paulus Civil Engineering Journal. *Pemanfaatan Batu Gunung Tambolang Kabupaten Toraja Utara pada Campuran Laston AC-BC*. 3(2): 238-246.
- Rizky, N. (2021). *Pengaruh Substitusi Styrofoam pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) dengan Pengujian Marshall*. Skripsi tidak dipublikasikan. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Setiawan Arif. 2011. Studi Penggunaan Asbuton Butir Terhadap Karakteristik Marshall Asphaltic Concrete Course Asbuton Campuran Hangat (AC-WC-ASB-H). Universitas Brawijaya
- Suhardi, P. P. (2016). Studi Karateristik Marsshall pada campuran Aspal Dengan Penambahan Limbah Botol Plastik. *Jurnal Teknik Sipil*, 1-9.
- Sukarman, S. (. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Indonesia.: Yayasan Obor Indonesia.
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Sulaiman. (2012). Ketahanan Agregat Alam Krueng Peudada Pada Campuran Laston AC-WC berdasarkan Variasi Tumbukan. *Jurnal Portal* , 1-10.
- Supriadi.T., et.al.2014. Perkerasan Campuran Aspal Ac-Wc Terhadap Sifat Penuaan Aspal. Dosen Prodi Teknik Sipil FT. UNTAN.
- Whinda Pratiwi., et.al. 2014. *Pengaruh Asbuton Terhadap Karakteristik Marshall Perkerasan Daur Ulang Dengan Peremaja Oli Bekas Dan Solar*.