BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jumlah pertumbuhan volume lalu-lintas setiap tahun kian meningkat dikarenakan pertumbuhan penduduk yang sangat pesat dan mengakibatkan peningkatan mobilitas antar daerah, antar provinsi bahkan antar negara. Kondisi tersebut harus didukung oleh konstruksi jalan yang berkualitas, terutama dari kualitas lapis perkerasan untuk memberikan keamanan dan kenyamanan dalam berkendara.

Kerusakan jalan telah menjadi permasalahan yang biasa di hadapi oleh penduduk sekarang ini, beberapa hal yang menjadi penyebab kerusakan di beberapa daerah adalah sebagai berikut: mutu jalan kurang baik, kondisi drainase permukaan jalan, pemadatan lanjut akibat pembebanan lalu-lintas di lapangan dapat menyebabkan penurunan struktural dalam campuran sampai mengakibatkan *bleeding.*

Bleeding terjadi jika dalam pelaksanaan penghamparan, pengontrolan terhadap temperatur pemadatan yang tidak sesuai dengan syarat suhu pemadatan suatu jenis aspal panas (*Hot Mix),* sehingga tidak tercapainya nilai kepadatan yang direncanakan banyaknya lokasi perkerasan yang tidak dapat melayani sesuai umur rencana yang direncanakan.

Kondisi natural Negara Indonesia yang termasuk negara-negara beriklim tropis mempengaruhi secara langsung kondisi desain jalan yang ada. Selain menerima temperatur tinggi dari radiasi sinar matahari dan curah hujan yang tinggi, lapisan permukaan jalan juga menerima panas akibat gaya gesek roda kendaraan yang melintas diatasnya. Apabila temperatur naik melampaui titik leleh aspal, maka viskositas atau kekentalan campuran aspal akan menurun sehingga fungsinya sebagai bahan pengikat dalam campuran menjadi berkurang.

Pengetahuan tentang sifat viskoelastis aspal juga berguna untuk mengetahui pada temperatur berapa pemadatan dapat dilakukan dan kapan harus dihentikan. Bila pemadatan dilakukan pada temperatur dimana kondisi aspal masih sangat viskos, maka pada saat pemadatan akan terjadi pergeseran campuran beraspal karena campuran tersebut belum cukup kaku untuk memikul beban dari alat pemadat. Sebaliknya, bila pemadatan dilakukan pada temperatur yang sangat rendah dimana campuran sudah bersifat kurang elastis (cukup kaku) maka pemadatan yang diberikan tidak lagi akan menaikkan kepadatan campuran tetapi justru akan merusak atau mungkin menghancurkan campuran tersebut.

Untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan penelitian pengaruh variasi temperatur pemadatan terhadap lapis aspal beton yang diteliti adalah *Asphalt Condrete – Wearing Course (AC-WC)*. Pada variasi suhu 110ºC, 145ºC, dan 160ºC. Hasil uji Marshall campuran aspal beton yang ditinjau berdasarkan pengaruh variasi temperatur pemadatan yaitu stabilitas, Kelelehan, Rongga dalam Campuran (VIM) dan Rongga dalam Agregat (VMA).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Berapakah Kadar Aspal Optimum dari campuran AC-WC yang diperoleh ?
2. Bagaimana pengaruh variasi temperatur pemadatan campuran aspal *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) terhadap parameter *Marshall*?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui Kadar Aspal Optimum dari campuran AC-WC yang diperoleh.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pemadatan campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) terhadap parameter *Marshall* dengan acuan kepada Spesifikasi Bina Marga 2018.

D. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang tertulis di atas maka peneliti mengambil kesimpulan bahwa objek penelitian dibatasi hanya pada pengaruh temperatur pemadatan campuran aspal beton terhadap parameter *Marshall*. Dalam pengujian ini yang termasuk dalam ruang lingkupnya sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilakukan di laboratorium, tidak dilakukan percobaan di lapangan
2. Pengujian dilakukan dengan alat uji *Marshall*

3. Tipe campuran yang digunakan adalah *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC)
4. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70
5. Penelitian ini memfokuskan pada 3 (tiga) variasi temperatur uji pemadatan, yaitu: 110ºC, 145ºC, dan 160ºC
6. Permasalahan yang diamati adalah parameter-parameter *Marshall*
7. Tidak dilakukan penelitian terhadap perubahan sifat kimia dari aspal

E. Manfaat Penelitian

Manfaat diharapkan bisa memberikan informasi kepada pihak-pihak terkait mengenai pengaruh dari perubahan variasi temperatur pemadatan khususnya pada campuran AC-WC untuk gradasi kasar sebagai lapis aus permukaan lentur ditinjau terhadap sifat *Marshall (stability, flow, void in mineral aggregate/VMA, void in mix/VIM, void filled with asphalt/VFA)* yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan tentang pentingnya pemilihan material dan pengaruhnya pada kualitas perkerasan terhadap perubahan variasi temperatur campuran aspal panas.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang teori teori yang menyangkut tentang penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai metode metode yang akan digunakan dalam penelitian baik dari jenis penelitiannya, tahapan, bagan alir serta lain sebagainya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas secara keseluruhan tentang hasil penelitian yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas kesimpulan dari seluruh penulisan, serta saran-saran yang dikemukakan berupa sambungan pemikiran penulis tentang penulisan permasalahan tersebut di atas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Aspal Beton

Aspal beton (*hotmix*) adalah campuran agregat halus dengan agregat kasar, dan bahan pengisi (*filler*) dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi suhu panas tinggi dengan komposisi yang diteliti dan diatur oleh spesifikasi teknis. Menurut (Sukirman, 1999), aspal beton adalah suatu bahan yang terdiri dari campuran antara batuan (agregat kasar dan agregat halus) dengan bahan ikat aspal yang mempunyai persyaratan tertentu, dimana kedua material sebelum dicampur secara homogen, harus dipanaskan terlebih dahulu. Karena dicampur dalam keadaan panas, maka sering disebut sebagai *hotmix*. Dalam campuran aspal harus dipanaskan untuk memperoleh tingkat kecairan (*viskositas*) yang tinggi agar dapat menghasilkan mutu campuran yang baik dan kemudahan dalam pelaksanaan. Pemilihan jenis aspal yang akan digunakan ditentukan atas dasar iklim cuaca, kepadatan volume lalulintas, dan jenis konstruksi yang akan digunakan.

Aspal beton secara luas digunakan sebagai lapisan permukaan konstruksi jalan dengan lalu lintas berat, sedang, ringan, dan lapangan terbang, dalam kondisi segala macam cuaca. Berdasarkan bahan yang digunakan dan kebutuhan desain konstruksi jalan aspal beton mempunyai beberapa jenis antara lain :

1. Binder Course (BC) dengan tebal minimum 4 cm biasanya digunakan sebagai lapis kedua sebelum Wearing Course.
2. Asphalt Traeted Base (ATB) dengan tebal minimum 5 cm digunakan sebagai lapis pondasi atas konstruksi jalan dengan lalu lintas berat/tinggi.
3. Hot Roller Sheet (HRS)/Lataston/Laston 3 dengan tebal penggelaran minimal 3 cm sampai dengan 4 cm digunakan sebagai lapis permukaan konstruksi jalan dengan lalu lintas sedang.
4. Fine Grade (FG) dengan tebal minimum 2,8 cm maksimum 3 cm biasanya digunakan untuk jalan perumahan dengan beban rendah.
5. Sand Sheet dengan tebal maksimum 2,8 cm biasanya digunakan untuk jalan perumahan dan perparkiran.
6. *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)/Laston dengan tebal penggelaran minimum 4 cm digunakan sebagai lapis permukaan jalan dengan lalu lintas berat.

B. Lapis Aspal

Lapis aspal beton (Laston) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu(Sukirman, 1999). Material agregatnya terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus dan filler yang bergradasi baik yang dicampur dengan penetrasi grade aspal. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Tebal nominal minimum Laston adalah 4 – 7,5 cm (Spesifikasi Umum Direktorat

Jenderal Bina Marga, 2018). Sesuai fungsinya Laston memiliki 3 (tiga) macam campuran yaitu :

1. Laston sebagai lapis aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), dengan tebal nominal minimal adalah 4 cm.
2. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), dengan tebal nominal minimum adalah 7,5 cm.

Lapisan aspal beton (Laston) yang secara umum digunakan secara luas di berbagai negara adalah direncanakan untuk memperoleh kepadatan yang tinggi, nilai struktural tinggi dan kadar aspal yang rendah. Hal ini biasaya mengarah menjadi bahan yang relatif kaku, sehingga konsekuensi ketahanan rendah dan keawetan yang terjadi rendah pula. Ketentuan tentang sifat-sifat campuran Laston AC-WC dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC) (Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

at-sifat Campuran		Laston		
		pis Aus C-WC)	pis Antara (AC-BC)	ndasi (AC-Base)
mlah tumbukan per bidang		75		112
sio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	n.	0,6		
	aks.	1,6		
ngga dalam campuran (%)	n.	3,0		
	aks.	5,0		

Lanjutan tabel 2.1

Rongga dalam agregat (VMA)(%)	n.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	n.	65	65	65
bilitas *Marshall* (kg)	Min.	800		1800
lelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
bilitas *Marshall* sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam. 60ºC	Min.	90		
ngga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.	2		

C. Bahan Campuran Aspal

Komposisi dari campuran aspal panas terdiri dari komponen utama yaitu : agregat, filler dan faktor panas. Disamping itu, untuk meningkatkan kemampuan campuran aspal panas dapat juga digunakan bahan tambahan. Menurut(Putrowijoyo, 2006), campuran beton aspal adalah kombinasi material bitumen dengan agregat yang merupakan permukaan perkerasan yang biasa dipergunakan akhir-akhir ini. Karakteristik campuran diperoleh melalui analisa hasil rancangan dan pengujian yang dilakukan selama pencampuran material dan pemadatan. Material aspal dipergunakan untuk semua jenis jalan raya dan merupakan salah satu bagian dari lapisan beton aspal jalan raya kelas satu hingga dibawahnya. Material tersebut biasanya dalam keadaan baik pada suhu normal dan apabila suhu tinggi akan melemah dan berkurang kepadatannya. Ketika terjadi pencampuran antara agregat dengan bitumen yang kemudian dalam keadaan

dingin, campuran tersebut akan mengeras dan akan mengikat agregat secara bersamaan dan membentuk suatu lapis permukaan perkerasan.

Adapun sifat-sifat dari aspal beton antara lain : tahan terhadap keausan lalu lintas, kedap air dan mempunyai nilai struktural, mempunyai stabilitas yang tinggi dan peka terhadap penyimpangan perencanaan dan pelaksanaan. Oleh karena itu, untuk menghasilkan campuran aspal beton yang bermutu baik maka campuran aspal beton tersebut harus memenuhi sifat-sifat campuran, antara lain :

1. Kadar aspal cukup untuk memberikan kelenturan
2. Stabilitas yang cukup untuk memberikan kemampuan agar dapat memikul beban deformasi yang disebabkan oleh beban lalu lintas
3. Kadar rongga yang cukup untuk menampung penambahan kekuatan
4. Workabilitas yang cukup untuk memudahkan pengerjaan dan tidak terjadi segresi
5. Dapat menghasilkan campuran yang akhirnya menghasilkan lapis perkerasan yang sesuai dengan persyaratan

Laston yang direncanakan di Indonesia setara dengan spesifikasi Laston Bina Marga 2018 (Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Aspal Beton Flexibel (LASTON) No:13/PT/B/1983, 1983)dan digunakan untuk jalan-jalan dengan lalu lintas berat, tanjakan, pertemuan jalan dan daerah-daerah lainnya dimana permukaan menanggung beban roda yang berat.

Berikut adalah bahan campuran beton aspal yaitu :

1. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau minera lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan(Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas, 1989).Agregat adalah suatu bahan yang keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran dan berupa berbagai jenis butiran atau pecahan, termasuk didalamnya antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi dan debu agregat. Banyaknya agregat dalam campuran aspal umumnya berkisar antara 90% sampai dengan 95% terhadap total berat campuran atau 70% sampai dengan 85% terhadap volume campuran aspal. Mineral agregat utamanya untuk menahan beban yang bekerja pada perkerasan. Macam-macam agregat sebagai berikut:

a. Agregat kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan saringan no.4 (4,75 mm) dan haruslah bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi persyaratan pada fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran *Wearing Course*. Untuk itu nilai *Los angeles abration test* harus dipenuhi.

b. Agregat halus

Persyaratan agregat halus secara umum menurut Bina Marga 2018 (Metode, Spesifikasi Dan Tata Cara Pembuatan Beton, 2002) adalah sebagai berikut :

1) Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
2) Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat di uji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai *natrium sulfat* maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
3) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir halus dicuci.

Agregat halus juga harus mempunyai gradasi, gradasi agregat yang dimaksud adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang besar, sehingga pori-porinya sedikit, dengan kata lain kemampatannya tinggi.

2. Aspal

Aspal merupakan suatu produk berbasis minyak yang merupakan turunan dari proses penyulingan minyak bumi, dan dikenal dengan nama aspal keras. Aspal juga terdapat di alam secara alamiah, aspal ini dibuat dengan menambahkan

bahan tambah kedalam aspal yang bertujuan untuk memperbaiki atau memodifikasi sifat rheologinya sehingga menghasilkan jenis aspal baru yang disebut aspal modifikasi. Berbagai jenis aspal, sebagai berikut :

a. Aspal keras

Pada proses destilasi fraksi ringan yang terkandung dalam minyak bumi dipisahkan dengan destilasi sederhana sehingga menyisakan suatu residu yang dikenal dengan nama aspal keras. Dalam proses destilasi ini, aspal keras baru dihasilkan melalui proses destilasi hampa pada temperatur sekitar 480ºC. Temperatur ini bervariasi tergantung pada sumber minyak mentah yang di suling atau tingkat aspal keras yang akan dihasilkan.

Untuk menghasilkan aspal keras dengan sifat-sifat yang diinginkan, proses penyulingan harus ditangani sedemikian rupa sehingga dapat mengontrol sifat-sifat aspal keras yang dihasilkan. Hal ini sering dilakukan dengan mencampur berbagai variasi minyak mentah bersama-sama sebelum proses destilasi dilakukan.

Pencampuran ini nantinya dilakukan agar menghasilkan aspal keras dengan sifat-sifat yang bervariasi, sesuai dengan sifat-sifat yang diinginkan. Cara lainnya yang sering dilakukan untuk mendapatkan aspal keras adalah dengan viskositas menengah, yaitu dengan mencampur berbagai jenis aspal keras dengan proporsi tertentu dimana aspal keras yang sangat encer dicampur dengan aspal lainnya yang kurang encer sehingga menghasilkan aspal dengan viskositas menengah. Selain melalui proses destilasi hampa dimana aspal dihasilkan dari

minyak mentah dengan pemanasan dan penghampaan, aspal keras juga dapat dihasilkan melalui proses ekstraksi zat pelarut. Dalam proses ini fraksi minyak (bensin, solar, dan minyak tanah) yang terkandung dalam minyak mentah, dikeluarkan sehingga meninggalkan aspal sebagai residu.

b. Aspal cair

Aspal cair dihasilkan dengan melarutkan aspal keras dengan bahan pelarut berbasis minyak. Aspal ini dapat juga dihasilkan secara langsung dari proses destilasi, dimana dalam proses ini fraksi minyak ringan terkandung dalam minyak mentah tidak seluruhnya dikeluarkan. Kecepatan menguap dari minyak yang digunakan sebagai pelarut atau minyak yang sengaja ditinggalkan dalam residu pada proses destilasi akan meningkatkan jenis aspal cair yang dihasilkan. Aspal cair dibedakan dalam beberapa jenis, yaitu:

1) Aspal cair cepat mantap (RC = *Rapid Curing*), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya cepat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini biasanya adalah bensin.
2) Aspal cair mantap sedang (MC = *Medium Curing*), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya tidak begitu cepat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini biasanya adalah minyak tanah.
3) Aspal cair lambat mantap (SC = *Slow Curing*), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya lambat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini adalah solar.

Tingkat kekentalan aspal cair sangat ditentukan oleh proporsi atau rasio bahan pelarut yang digunakan terhadap aspal keras atau yang terkandung pada aspal cair tersebut. Aspal cair jenis MC-800 memiliki kekentalan yang lebih tinggi dari MC-200.

c. Aspal modifikasi

Aspal modifikasi dibuat dengan mencampur aspal keras dengan suatu bahan tambah. *Polymer* adalah jenis bahan tambah yang sering digunakan saat ini, sehingga aspal modifikasi sering disebut juga aspal *Polymer*.

3. Bahan pengisi (*Filler*)

Filler adalah bahan berbutir halus yang mempunyai fungsi sebagai pengisi rongga dalam campuran (*Void In Mix*) dan termasuk butiran yang lolos saringan no. 30 dimana persentase berat yang lolos saringan no. 200 minimum 65% (Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26, 1987).

Menurut(Direktorat Jendral Bina Marga, 2007), filler merupakan mateial pengisi yang terdiri dari abu batu, abu kapur (*limestone dust*), abu terbang, semen (PC) atau bahan mom plastis lainnya yang harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bahan-bahan lain yang mengganggu.

Adapun jenis dan sifat *filler* adalah :

a. Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

b. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan.
c. Pada(Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018), campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2% dari berat total agregat.

Pemberian *filler* pada campuran lapis keras mengakibatkan lapis keras mengalami berkurangnya kadar pori. Partikel *filler* menempati rongga diantara partikel-partikel yang lebih besar, sehingga ruang diantara partikel-partikel besar menjadi berkurang. Secara umum penambahan *filler* ini dimaksudkan untuk menambah stabilitas serta kerapatan dari campuran aspal.

Adapun fungsi dari *filler* adalah :

1) Untuk memodifikasi gradasi agregat halus, sehingga berat jenis agregat meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga akan berkurang.
2) Mengisi ruang antar agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan stabilitas.
3) Mengisi rongga dan menambah bidang kontak antar butir agregat sehingga akan meningkatkan kekuatan campuran.
4) Bila dicampur dengan aspal, *filler* akan membentuk bahan pengikat yang berkonsistensi tinggi sehingga mengikat butiran agregat secara bersama-sama.
5) Mengurangi rongga udara (*air void*)

Kekuatan utama aspal beton ada pada keadaan butir agregat akan saling mengunci dan sedikit pada pasir/*filler*/bitumen sebagai mortar. Akan tetapi, banyaknya bahan pengisi dalam campuran aspal beton sangat dibatasi. Kebanyakan bahan pengisi, maka campuran akan sangat kaku dan mudah retak, disamping memerlukan aspal yang banyak untuk memenuhi *workability*. Sebaliknya kekurangan bahan pengisi campuran menjadi sangat lentur dan mudah terdeformasi oleh roda kendaraan sehingga menghasilkan jalan yang bergelombang.

D. Volumetrik campuran aspal beton

Menurut (Sukirman, 2003), volumetrik campuran beraspal yang dimaksud adalah volume benda uji campuran yang telah dipadatkan. Komponen campuran beraspal secara volumetrik tersebut adalah : Volume rongga diantara mineral agregat (VMA), Volume bulk campuran padat, Volume campuran padat tanpa rongga, Volume rongga terisi aspal (VFA), Volume rongga dalam campuran (VIM), Volume aspal yang diserap agregat.

1. Rongga udara dalam campuran/*Void In Mix* (VIM)

Void In Mix atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran dalam persen. Rongga udara yang dihasilkan ditentukan oleh susunan partikel agregat dalam campuran serta ketidakseragaman bentuk agregat. Rongga udara merupakan indikator durabilitas campuran beraspal sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil atau terlalu besar. Rongga udara dalam campuran yang terlalu kecil dapat menimbulkan

bleeding. *Bleeding* disebabkan oleh penurunan rongga udara yang tidak diikuti oleh penurunan kadar aspal, jika penurunan rongga udara seiring dengan penurunan kadar aspal maka campuran tersebut mempunyai kemampuan menahan deformasi permanen sekaligus memberikan durabilitas yang baik. Semakin kecil rongga udara maka campuran beraspal akan semakin kedap terhadap air, tetapi udara tidak dapat masuk kedalam lapisan beraspal sehingga aspal menjadi rapuh dan getas. Semakin tinggi rongga udara dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelehan lebih cepat.

Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan rumus :

$$VIM = 100\,x\,\frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan :

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat

2. Rongga pada campuran agregat/ *Void Mineral Agregat* (VMA)

Rongga pada campuran agregat adalah rongga antar butiran agregat dalam campuran aspal yang sudah dipadatkan serta aspal efektif yang dinyatakan dalam presentase volume total campuran.

Agregat bergradasi menerus memberikan rongga antar butiran VMA yang kecil dan menghasilkan stabilitas yang tinggi tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. VMA yang kecil menyebabkan aspal menyelimuti agregat terbatas, sehingga menyebabkan lapisan perkerasan tidak

kedap air jadi oksidasi mudah terjadi dan menyebabkan terjadinya kerusakan. VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. Seluruh jenis campuran aspal mempunyai cukup aspal menyelimuti partikel agregat dan juga cukup rongga udara dalam campuran (VIM) untuk mencegah adanya bentuk kerusakan alur plastis. Perhitungan VMA terhadap campuran total dengan persamaan :

a. Terhadap berat campuran total

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} x P_s}{G_{sb}} \quad \text{.....(2)}$$

Keterangan :

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat

G_{mb} = Berat jenis *bulk* campuran padat

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

b. Terhadap berat agregat total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100+P_{b)}} \times 100 \quad \text{.....(3)}$$

Keterangan:

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat

G_{mb} = Berat jenis *bulk* campuran padat

P_b = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

c. Rongga terisi aspal/*Void Filled with Asphalt* (VFA)

Rongga terisi aspal/ *Void Filled with Asphalt* (VFA) adalah persen rogga yang terdapat diantara partikel agregat VMA yang terisi oleh aspal, tetapi tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk mendapatkan rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$VFA = \frac{100\,(VMA-VIM)}{G_{mm}} \quad \text{.....(4)}$$

keterangan :

VFA = Rongga terisi aspal

VMA = Rongga diantara mineral agregat

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran

d. Berat jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis yang diuji terdiri dari tiga jenis yaitu berat jenis *bulk* (*dry*), berat jenis *bulk* campuran (*density*), berat jenis maksimum (*theoritis*). Perbedaan ketiga istilah in disebabkan karena perbedaan asumsi kemampuan agregat menyerap air dan aspal.

1) Berat Jenis *Bulk* Agregat

Berat jenis *bulk* adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula. Karena agregat total terdiri dari atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi yang masing-masing mempunyai berat jenis

yang berbeda maka berat jenis *bulk* (G_{sb}) agregat total dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Gsb = \frac{P_1+P_2+\cdots+P_n}{\frac{P_1}{G_2}+\frac{P_2}{G_2}+\ldots+\frac{P_n}{G_n}} \quad \ldots\ldots\ldots\

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran (G_{mm}) pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Berat jenis maksimum campuran secara teoritis dapat dihitung dengan rumus :

$$Gmm = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \quad \text{.....(7)}$$

Keterangan :

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran

P_{mm} = Persentase berat total campuran (100%)

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum

P_S = Kadar agregat persen terhadap berat total campuran

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_b = Berat jenis aspal

E. Suhu/Temperatur

Aspal pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau masuk kedalam pori-pori saat penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun peleburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis).

Setiap jenis aspal mempunyai kepekaan terhadap temperatur berbed-beda, karena kepekaan tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur perlu dilakukan sehingga diperoleh informasi tentang rentang temperatur yang baik untuk pelaksanaan pekerjaan. Pada tabel 2.2 memperlihatkan nilai viskositas aspal dan batasan suhu selama pencampuran, penghamparan dan pemadatan.

Tabel 2.2 Ketentuan Viskositas dan Temperatur Aspal Untuk Pencampuran dan Pemadatan(Sumber :Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2018 Divisi 6, 2018)

).	Prosedur Pelaksanaan	skositas Aspal (c.St)	erkiraan Temperatur Aspal (ºC)
			Tipe I
	ncampuran benda uji *Marshall*	170 ± 20	155 ± 1
	madatan benda uji *Marshall*	280 ± 30	145 ± 1
	ncampuran, rentang temperatur sasaran	200 – 500	145 – 155
	enuangkan campuran beraspal dari alat pencampur ke dalam truk	± 500	135 – 150
	masokan ke alat penghampar	500 -1.000	130 – 150
	madatan awal (roda baja)	1000 – 2000	125 – 145
	madatan antara (roda karet)	.000 – 20.000	100 – 125
	madatan akhir (roda baja)	< 20.000	>95

F. Kadar Aspal Rencana

Kadar aspal rencana merupakan perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan penggabungan pada tiga fraksi agregat. Pengecekan terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk setiap variasi. Untuk mencari KAO, dilakukan perhitungan perkiraan awal kadar aspal dengan rumus kemudian dilakukan penambahan +1, maupun -1 untuk menentukan kadar aspal yang akan digunakan untuk mencari KAO dari variasi adalah sebagai berikut:

$$Pb = 0{,}035\%\,(CA) + 0{,}045\%\,(FA) + 0{,}18\%\,(FF) + K \quad \text{……..…….(8)}$$

Keterangan :

Pb = Perkiraan Kadar Aspal Optimum

CA = Nilai presentase agregat kasar

FA = Nilai presentase agregat halus

FF = Nilai presentase *filler*

K = Konstanta (kira-kira 0,5 – 1,0)

Hasil perhitungan Pb dibulatkan ke 0,5% ke atas terdekat.

G. Metode Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelehan (flow), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat Marshall

merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan flowmeter. Proving ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flowmeter untuk mengukur kelelehan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76(Diansari, 2016)

Hasil uji akan menunjukkan karakteristik *Marshall* dan karakteristik akan dipengaruhi oleh sifat-sifat campuran yaitu : kepadatan, rongga antara agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFA), rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam campuran pada kepadatan mutlak, stabilitas kelelehan serta hasil bagi *Marshall/ Marshall Quotient* (MQ) yaitu merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelehan dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$MQ = \frac{S}{F} \quad \text{.....(9)}$$

Keterangan :

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

S = Nilai stabilitas terkoreksi (kg)

F = Nilai *flow* (mm)

H. Penelitian Terdahulu

1. (Mahadie & Saiputra, 2015)

   Pengaruh variasi temperatur pada pencampuran *Asphalt Concete – Wearing Course* terhadap parameter Marshall.

a. Dari hasil pengujian sifat-sifat fisik agregat campuran, aspal, dan *filler* memenuhi pada spesifikasi umum divisi IV PU Bina Marga 2010 seksi 6.3 tentang campuran beraspal panas dan Standar Nasional Indonesia (SNI).
b. Pada hasil analisa data, dapat diketahui bahwa pengaruh perubahan temperatur suhu pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* sangat berpengaruh terhadap nilai stabilitas aspal itu sendiri. Dimana jika temperatur suhu pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* melebihi atau kurang dari suhu standar maka akan terjadi penurunan nilai stabilitas aspal.

2. (Carlina, 2013)

   Pengaruh variasi temperatur pemadatan terhadap nilai stabilitas marshall pada laston (AC-WC).

   a. Berdasarkan hasil uji material baik aspal, agregat kasar, agregat halus danbahan pengisi (*filler*) sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010.
   b. Suhu 145ºC dengan nilai stabilitas rata-ratanya sebesar 1325,534kg, nilai VMA rata-rata sebesar 18,894%, nilai VIM rata-ratasebesar 3,759%, nilai VFA rata-rata sebesar 80,113%, nilai *flow*rata-rata sebesar 4,33 mm dan nilai MQ rata-rata sebesar 306,132kg/mm.
   c. Suhu 160ºC dengan nilai stabilitas rata-ratanya sebesar 1373,794kg, nilai VMA rata-rata sebesar 18,550%, nilai VIM rata-ratasebesar 3,351 %, nilai

VFA rata-rata sebesar 81,934%, nilai *flow*rata-rata sebesar 5,37 mm dan nilai MQ rata-rata sebesar 256,210kg/mm.

d. Temperatur yang tidak memenuhi spesifikasi bina marga 2010 pada batas atas dan batas tengah yaitu pada suhu 100ºC, 115ºC dan 130ºC. Hal ini dikarenakan nilai MQ mengikuti kondisi dari nilai stabilitas dan *flow* dan nilai VIM, semakin meningkatnya suhu pemadatan nilai VIM semakin turun karena pada saat pencetakan benda uji, aspal yang panas lebih mudah menyelimuti agregat sedangkan bila suhu pemadatan rendah aspal sulit menyelimuti agregat sehingga aspal danagregat tidak menyampur secara homogen. Pengaruhnya adalah Pengaruhnya terhadap perkerasan yaitu perkerasan cenderungmenjadi plastis dan lentur sehingga mudah mengalami perubahanbentuk pada saat menerima beban lalu lintas yang tinggi.

3. (Aninditiyo, 2011)

Analisa pengaruh variasi temperatur pada proses pemadatan campuran aspal beton.

a. Kenaikan temperatur pemadatan dari 90ºC hingga 120ºC akan menyebabkan nilai stabilitas meningkat untuk kedua macam jumlah tumbukan. Pemadatan yang dilakukan pada temperatur 90ºC mengakibatkan proses penyusunan butiran agregat terselimuti aspal, sehingga menghasilkan kepadatan yang rendah selanjutnya tahan gesek campuran rendah dan akhirnya stabilitas yang rendah. Dengan

meningkatnya temperatur, maka kepadatan dan tahanan gesek meningkat dan pada akhirnya stabilitas meningkat juga.

b. Kenaikan temperatur pendapatan dari 90ºC hingga 120ºC akan menyebabkan menurunnya nilai flow campuran dengan gradasi menerus. Seiring meningkatnya temperatur pemadatan, penyusunan butiran agregat menjadi lebih mudah, stabilitas tinggi, meningkat kekakuan campuran, dan pada akhirnya akan memperkecil nilai flow.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu penelitian di laboratorium yang bertujuan untuk menyelidiki sebab akibat antara satu sama lain dan membandingkan hasilnya. Proses penelitian dilakukan dengan melakukan serangkaian pengujian terhadap karakteristik bahan yang digunakan dengan persyaratan yang ditentukan.

B. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Alat pemeriksaan agregat, terdiri dari :
    a. Satu set mesin uji Los Angeles
    b. Satu set alat uji saringan (*sieve*) standar ASTM
    c. Satu set mesin getar untuk saringan (*sieve shacker*)
2. Oven dan pengatur suhu
3. Timbangan
4. Talang
5. Kompor untuk memanaskan agregat dengan aspal
6. Wajan dan sodek untuk mencampur agregat dengan aspal
7. *Thermometer*
8. Alat pembuat briket campuran aspal hangat terdiri dari :

a. Satu set cetakan (*mold*) berbentuk silinder dengan diameter 101,45 mm, tinggi 80 mm.
b. Alat penumbuk (*compactor*) yang mempunyai permukaan tumbukan rata berbentuk silinder, tinggi jatuh bebas 45,7 cm.
c. Satu set alat pengangkat *briket* (dongkrak hidrolis).

9. Satu set alat *Marshall*, terdiri dari :
   a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*breaking head*).
   b. Cincin penguji berkapasitas 2500 kg dengan arloji tekan.
   c. Arloji penunjuk kelelehan.

C. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agregat

Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat yang berasal dari PT. Mareraya Multi Pratama Jaya, Quary Bila, Tanrutedong, Sidrap.

2. Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70.

3. Bahan pengisi (*Filler*)

Filler atau material lolos saringan no. 200 yang digunakan dalam penelitian ini adalah *cement*.

D. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Mareraya Multi Pratama Jaya Sempang E Sengkang Kabupaten Wajo. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan Juni 2021.

E. Metode Pengambilan Sampel dan Pengumpulan Data

1. Metode Pengambilan Sampel

Sebelum pemeriksaan karakteristik material di Laboratorium dilakukan, terlebih dahulu diadakan pengambilan sejumlah sampel di lokasi material. Karena sebagian penulis ketahui bahwa material yang akan di uji sangat besar pengaruhnya terhadap ketelitian pengujian.

2. Metode Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data-data sebagai bahan utama dalam penulisan ini, yaitu mengadakan penelitian/pengujian material di Laboratorium dan mengadakan wawancara terhadap pihak-pihak yang berkaitan langsung dengan Laboratorium jalan dan aspal.

F. Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini akan dilaksanakan dengan melakukan serangkaian percobaan di LaboratoriumPT. Mareraya Multi Pratama Jaya Sempang ESengkang Kabupaten Wajo. Kegiatan percobaan yang dilakukan di Laboratorium meliputi :

1. Pemeriksaan karakteristik agregat kasar

a. Analisa Saringan

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

1) Mengambil sampel agregat kasar kemudian di oven selama ± 24 jam dengan suhu 110ºC.
2) Kemudian menimbang berat agregat kasar.
3) Benda uji disaring sesuai dengan urutan saringan.
4) Meletakkan sampel benda uji beserta saringannya pada mesin penggetar dan benda uji digetarkan selama 15 menit.
5) Menimbang berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing lubang ayakan
6) Menghitung persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing ayakan terhadap berat total.

b. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Survace Dry = SSD*), berat jenis kering semu (*apparent*) dan agregat kasar.

1) Berat jenis adalah perbandingan antara berat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

2) Berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*) adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
3) Berat jenis semu adalah perbandingan antara agregat kering dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

Adapun cara pengujiannya sebagai berikut :

1) Merendam benda uji tersebut selama ± 24 jam.
2) Mengeringkan benda uji dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan agregat hilang.
3) Menimbang benda uji dalam keadaan jenuh permukaan kering SSD.
4) Memasukkan benda uji dalam keranjang yang telah dinolkan bacaannya terlebih dahulu, kemudian mencelupkan ke dalam container yang berisi air, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang terperangkap.
5) Menimbang berat benda uji dan keranjang dalam air.
6) Selanjutnya benda uji di oven dengan suhu 110ºC selama 24 jam.
7) Setelah di oven, benda uji kemudian di timbang.

c. Pemeriksaan Berat Unit

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat agregat kasar dalam satu-satuan volume (kubikasi) dalam dua kondisi yaitu kondisi lepas dan padat.

d. Pemeriksaan Keausan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap gesekan atau benturan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Adapun cara pengujiannya sebagai berikut :

1) Mengayak agregat dengan ukuran ayakan no. 19 mm, 12,5 mm, dan 9,5 mm.
2) Mencuci benda uji/agregat kemudian keringkan. Oven pada suhu 110ºC ± 5ºC sampai berat tetap.
3) Menimbang agregat yang tertahan pada saringan no. 12,5 mm dan 9,5 mm.
4) Masukkan benda uji disertai dengan bola baja (jumlah bola baja disesuaikan dengan gradasinya) ke dalam mesin *Los Angeles* dan putar mesin *Los Angeles* dengan kecepatan 30-33 rpm, sebanyak 500 putaran.
5) Keluarkan benda uji dari mesin, kemudian saring dengan menggunakan saringan no. 12 (1,70 mm).
6) Mencuci agregat yang tertahan di saringan no. 12 (1,70 mm) kemudian keringkan di oven pada suhu 110ºC sampai berat tetap.
7) Menimbang benda uji yang telah di cuci.
8) Hitung presentase benda uji yang lolos saringan no.12.

2. Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus

a. Analisa Saringan

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

1) Mengambil sampel agregat kasar kemudian di oven selama ± 24 jam dengan suhu 110ºC.
2) Kemudian menimbang berat agregat halus.
3) Benda uji disaring sesuai dengan urutan saringan.
4) Meletakkan sampel benda uji beserta saringannya pada mesin penggetar dan benda uji digetarkan selama 15 menit.
5) Menimbang berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing lubang ayakan.
6) Menghitung prosentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing ayakan terhadap berat total.

b. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui berat jenis dan banyaknya air yang dapat diserap oleh agregat kasar yang dibandingkan dengan berat kering oven agregat tersebut. Cara pengujiannya sebagai berikut :

1) Merendam benda uji selama ± 24 jam.
2) Setelah 24 jam, benda uji dihampar sambil di aduk-aduk di udara terbuka sampai diperoleh benda uji kondisi SSD.

3) Memasukkan benda uji ke dalam kerucut terpancung dalam 3 lapisan, pada lapisan pertama 9 kali dan lapisan kedua dan ketiga sebanyak 8 kali tumbukan, untuk mengetahui benda uji kondisi SSD.
4) Mengangkat kerucut terpancung secara perlahan-lahan dengan terlebih dahulu membersihkan cetakan bagian luar.
5) Memeriksa benda agregat sampai diperoleh keadaan SSD, dimana kondisi SSD bila kerucut diangkat dan benda uji runtuh atau bergeser.
6) Menimbang piknometer kosong dan mencatat beratnya.
7) Menimbang agregat dalam keadaan SSD dan mencatat beratnya lalu masukkan ke dalam piknometer.
8) Memasukkan air bersih ke dalam piknometer sampai seluruh gelembung di dalamnya hilang.
9) Menimbang piknometer yang berisi air dan benda uji.
10) Memasukkan air sampai tanda batas pada piknometer, lalu timbang beratnya.
11) Mengeluarkan benda uji lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 110ºC selama ± 24 jam, kemudian dinginkan dan timbang beratnya.

3. Pengujian Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi yang digunakan adalah *portland cement* (PC) yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm).

4. Pemeriksaan Aspal

a. Pemeriksaan berat jenis aspal

Maksud dari pemeriksaan berat jenis aspal adalah untuk menentukan berat jenis aspal dan korelasi perhitungan berat terhadap volume atau sebaliknya. Cara pengujian berat jenis adalah :

1) Bejana diisi dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang terendam adalah 40 mm, kemudian bejana tersebut direndam dan dijepit dalam talam perendam sehingga terendam sekurang-kurangnya 100 mm.
2) Suhu talam perendam diatur pada suhu 25°C.
3) Piknometer dibersihkan, dikeringkan lalu ditimbang dengan menggunakan timbangan.
4) Bejana diangkat dari talam perendam dan diisi dengan air suling kemudian piknometer ditutup tanpa ditekan.
5) Piknometer diletakkan ke dalam bejana dan ditekan penutupnya sehingga rapat, lalu bejana dikembalikan ke dalam talam perendam. Bejana didiamkan di dalam talam perendam ±30 menit, kemudian piknometer diangkat dan dikeringkan dengan lap. Setelah itu bejana ditimbang dengan menggunakan timbangan.
6) Benda uji dituangkan ke dalam piknometer yang telah kering hingga terisi $^{2}/_{3}$ bagian.

7) Piknometer dibiarkan hingga dingin dengan waktu tidak kurang dari 40 menit dan kemudian ditimbang dengan penutupnya.
8) Piknometer yang telah terisi benda uji diisi dengan air suling hingga penuh, lalu ditutup tanpa ditekan, didiamkan agar gelembung-gelembung udara keluar.
9) Bejana diangkat dari talam perendaman piknometer diletakkan didalamnya dan kemudian penutupnya ditekan hingga rapat, bejana dimasukkan ke dalam bak perendam dan didiamkan selama sekurang-kurangnya 30 menit.
10) Piknometer diangkat, dikeringkan lalu ditimbang dengan menggunakan timbangan.

b. Pemeriksaan Penetrasi

Maksud dari pemeriksaan penetrasi aspal adalah untuk mengetahui kekerasan aspal. Adapun langkah-langkah pengujiannya sebagai berikut:

1) Letakkan benda uji dalam tempat cair yang kecil dan masukkan tempat air tersebut ke dalam bak perendam yang telah berada pada suhu yang ditentukan.
2) Periksa pemegang jarum agar dapat dipasang dengan baik dan bersihkan jarum penetrasi dengan toluene atau pelarut lain kemudian keringkan jarum dengan lap bersih dan pasang jarum pada pemegang jarum.
3) Letakkan pemberat 50 gr di atas untuk memperoleh beban.
4) Pindahkan tempat air dari bak perendam ke bawah alat penetrasi.

5) Turunkan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji.
6) Lepaskan pemegang jarum bersamaan dengan menjalankan *stopwatch* selama jangka waktu yang ditentukan putar arloji penetrometer dan bacalah angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk.
7) Lepaskan jarum dari pemegang jarum dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya.

c. Pemeriksaan titik lembek aspal

Maksud dari pemeriksaan titik lembek aspal adalah untuk menentukan suhu berapa aspal akan mulai melembek/meleleh sehingga nantinya dalam pelaksanaannya dapat diperhatikan dengan baik. Adapun cara pengujiannya sebagai berikut :

1) Memasang dan mengatur kedua benda uji di atas dudukan dan meletakkan pengarah bola diatasnya kemudian masukkan seluruh peralatan tersebut ke dalam bejana gelas.
2) Isi bejana dengan air suling baru, dengan suhu (5±1)°C sehingga tinggi permukaan air berkisar antara 101,6-108 mm.
3) Meletakkan termometer diantara kedua benda uji.
4) Memeriksa dan mengatur jarak antara permukaan pelat dasar benda uji sehingga menjadi 24,5 mm.

5) Meletakkan bola-bola baja yang bersuhu 5°C dan ditengah permukaan masing-masing benda uji yang bersuhu 5°C menggunakan penjepit dengan memasang kembali pengarah bola.
6) Memanaskan bejana sehingga kenaikan suhu menjadi 5°C per menit. Kecepatan pemanasan rata-rata dari awal hingga akhir pemeriksaan untuk 3 menit pertama tidak boleh melebihi 0,5°C.
7) Setelah bole menyentuh dasar bejana akibat pemanasan yang terjadi, percobaan dihentikan lalu hasilnya dicatat.

d. Pemeriksaan kehilangan berat

Maksud dari pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui berat aspal akibat pemanasan yang dinyatakan dalam persen.

Adapun cara pengujiannya sebagai berikut :

1) Memanaskan aspal keras perlahan-lahan serta aduk hingga cukup air untuk dapat dituangkan.
2) Setelah aspal keras cair merata, tuangkan ke dalam cawan yang telah disiapkan dan diamkan hingga dingin.
3) Setelah dingin, timbang dengan menggunakan timbangan.
4) Setelah sample aspal ditimbang, cawan + contoh aspal di oven selama ± 5 jam.
5) Sampel didinginkan pada suhu ruang, kemudian timbang.

5. Rancangan Campuran AC-WC

Rancangan campuran AC-WC dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

a. Perhitungan proporsi masing-masing agregat untuk mendapatkan gradasi campuran yang memenuhi syarat.
b. Pembuatan briket aspal dengan kadar aspal sesuai dengan hasil perhitungan, dua kadar aspal ke bawah dan dua kadar aspal ke atas yang divariasikan dengan selisih 0,5%.
c. Ukur tebal briket, kemudian timbang kering, timbang kondisi SSD, dan timbang dalam air untuk menentukan kepadatan, VMA, VIM, VFB.
d. Tekan briket dengan menggunakan alat tekan *Marshall* untuk mengetahui nilai stabilitasdan flow.
e. Buat grafik VMA, VIM, VFB, kepadatan, stabilitas, flow, dan *Marshall* quotient.
f. Analisa data untuk menentukan rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan sebagai campuran AC-WC.
g. Buat campuran dengan kadar aspal optimum yang diperoleh dari hasil perhitungan.

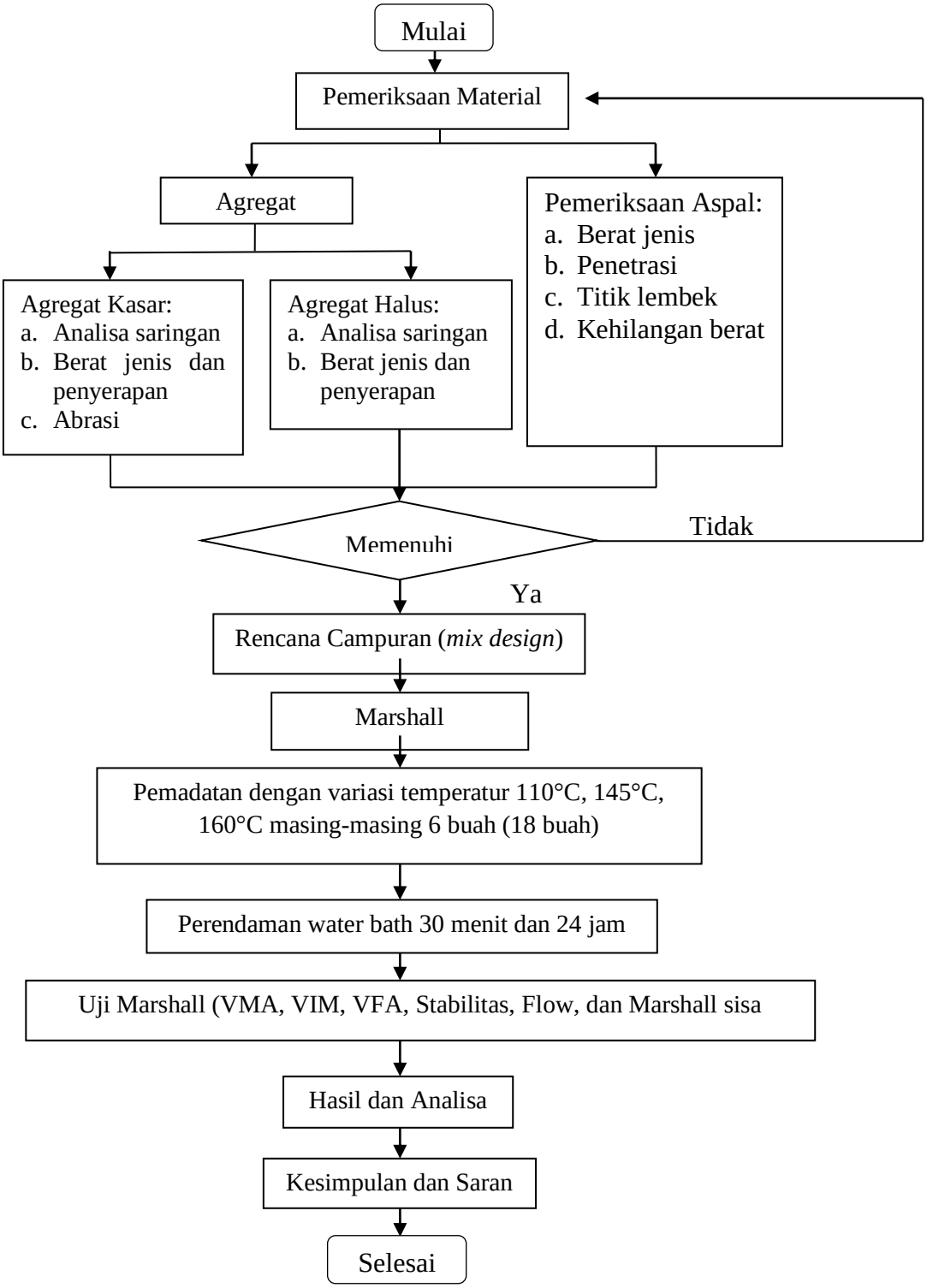
6. Pengujian dengan Alat *Marshall*

Prinsip dasar dari metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelehan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran yang telah didapat dari hasil uji gradasi, sesuai

spesifikasi campuran. Pengujian *Marshall* untuk mendapat stabilitas dan kelelehan (*flow*) mengikuti prosedur(Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Marshall, SNI 06-2489-1991, 1991). Dari hasil gambar hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall*, maka akan diketahui kadar aspal optimumnya.

G. Bagan Alir Penelitian

Agar penelitian dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien, maka sangat diperlukan sebuah bagan yang memuat tahapan-tahapan dari penelitian yang akan dilakukan nantinya atau yang dikenal dengan sebutan alir penelitian. Bagan tersebut dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Material

Hasil dari pengujian agregat ini harus sesuai dengan acuan(Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018).

1. Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar

Proses penyaringan agregat untuk campuran dilakukan secara manual menggunakan alat penyaring sesuai gradasi AC-WC.

Tabel 4.1 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar 1-2 (Sumber: Hasil percobaan laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

Saringan		erat Tertahan Sampel I	erat Tertahan Sampel II	Rata-rata Lolos %
ASTM	(mm)			
¾	19	0,000	0,000	100
½	12,5	1212,000	1239,300	18,306
3/8	9,5	253,000	238,300	1,933
No. 4	4,75	35,400	22,600	0,000
No. 8	2,36			
No. 16	1,18			
No. 30	0,6			
No. 50	0,3			
No. 100	0,15			
No. 200	0,075			
PAN				
		1500,400	**1500,200**	

Tabel 4.2 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar 0,5-1 (Sumber: Hasil percobaan laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

Saringan		erat Tertahan Sampel I	erat Tertahan Sampel II	Rata-rata Lolos %
ASTM	(mm)			
¾	19	0,000	0,000	100
½	12,5	0,000	0,000	100
3/8	9,5	25,500	32,400	98,070
No. 4	4,75	1290,100	1257,900	13,154
No. 8	2,36	184,800	209,900	0,000
No. 16	1,18			
No. 30	0,6			
No. 50	0,3			
No. 100	0,15			
No. 200	0,075			
PAN				
		1500,400	**1500,200**	

2. Hasil pengujian analisa saringan agregat halus

Tabel 4.3 Hasil pengujian analisa saringan agregat halus (abu batu) (Sumber: Hasil percobaan laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

Saringan		erat Tertahan Sampel I	erat Tertahan Sampel II	Rata-rata Lolos %
ASTM	(mm)			
¾	19	0,000	0,000	100,000
½	12,5	0,000	0,000	100,000
3/8	9,5	0,000	0,000	100,000
No. 4	4,75	0,000	0,000	100,000
No. 8	2,36	327,600	349,200	77,442
No. 16	1,18	423,500	443,200	48,553

Lanjutan Tabel 4.3

No. 30	0,6	264,400	272,500	30,658
No. 50	0,3	144,800	133,200	21,392
No. 100	0,15	159,600	145,500	11,223
No. 200	0,075	81,100	71,500	6,136
PAN		99,100	85,000	0,000
		1500,1	**1500,1**	

3. Hasil Pengujian Analisa Saringan 200 Pada *Filler*

Tabel 4.4 Hasil pengujian analisa saringan pada filler (Sumber: Hasil percobaan laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

Jenis *Filler*	Nomor Saringan	Ukuran Saringan	Spesifikasi	Hasil Penelitian
Semen	No. 200	0,075	Min. 75 %	99,1 %

4. Hasil pengujian berat jenis agregat dan penyerapan agregat kasar

Pengujian ini meliputi berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan dari agregat kasar. Nilai hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar 1-2 (Sumber: Hasil percobaan laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

No	Pengujian	Spesifikasi	Nilai
1	rat Jenis a. Kering Oven (*bulk*) b. Kering Permukaan Jenuh (*SSD*) c. Semu (*Apparent*)	Perbandingan agregat kasar dan halus maks 0,2	 2,553 2,598 2,674

2	Penyerapan (Absorpsi) %	Maks. 3%	1,781

Hasil pengujian ini telah memenuhi persyaratan (Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)dimana berat jenis pada agregat kasar yang disyaratkan tidak boleh lebih 0,2% dari agregat halus. Penyerapan agregat kasar yang disyaratkan maksimum 3%.

Tabel 4.6 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar 0,5-1 (Sumber: Hasil percobaan laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

No	Pengujian	Spesifikasi	Nilai
1	Berat Jenis a. Kering Oven (*bulk*) b. Kering Permukaan Jenuh (*SSD*) c. Semu (*Apparent*)	Perbandingan agregat kasar dan halus maks 0,2	 2,540 2,592 2,680
2	Penyerapan (Absorpsi) %	Maks. 3%	2,068

Hasil pengujian ini telah memenuhi persyaratan (Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)dimana berat jenis pada agregat kasar yang disyaratkan tidak boleh lebih 0,2% dari agregat halus. Penyerapan agregat kasar yang disyaratkan maksimum 3%.

5. Hasil uji fisis berat jenis agregat dan penyerapan agregat halus

Pengujian ini meliputi berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated surface dry* = SSD), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan dari agregat halus. Nilai hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus abu batu (Sumber: Hasil percobaan laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

No	Pengujian	Spesifikasi	Nilai
1	Berat Jenis a. Kering Oven (*bulk*) b. Kering Permukaan Jenuh (*SSD*) c. Semu (*Apparent*)	Perbandinganagregat kasar dan halus maks 0,2	 2,544 2,601 2,697
2	Penyerapan (Absorpsi) %	Maks. 3%	2,224

Hasil pengujian ini telah memenuhi persyaratan (Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)dimana berat jenis pada agregat kasar yang disyaratkan tidak boleh lebih 0,2% dari agregat halus. Penyerapan agregat kasar yang disyaratkan maksimum 3%.

6. Hasil pengujian berat jenis *filler*

Tabel 4.8 Hasil pengujian berat jenis *filler*(Sumber: Hasil percobaan laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

Jenis *Filler*	Pengujian	Hasil Pengujian
Semen	Berat Jenis	3,10

7. Hasil pengujian keausan agregat menggunakan alat abrasi los angeles

Pengujian keausan agregat kasar dengan mesin *Los Angeles* bertujuan untuk mengetahui daya tahan agregat terhadap beban mekanis. Agregat diuji keausan dengan 500 kali putaran 12 bola baja yang dimasukkan ke dalam mesin *Los Angeles.*

Tabel 4.9 Hasil pengujian keausan agregat kasar (Sumer: Hasil percobaan laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

Pengujian	Spesifikasi	Hasil Pengujian
Keausan Agregat Kasar	Maks. 30 %	28,744 %

B. Pengujian Karakteristik Aspal

Pengujian Karakteristik aspal dilakukan untuk melihat kelayakan aspal yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji telah memenuhi persyaratan (Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)atau belum. Aspal yang digunakan berupa aspal penetrasi 60/70. Pengujian aspal yang dilakukan meliputi pengujian titik lembek aspal, penetrasi aspal dan berat jenis aspal.

1. Berat jenis aspal

Tabel 4.10 Hasil pengujian berat jenis aspal (Sumber: Hasil percobaan laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

Nomor Sampel	Berat Piknometer	Berat Piknometer + Air	Berat Piknometer + Aspal	Berat Piknometer + Air + Aspal	Berat Jenis
	Gram	Gram	Gram	Gram	(Gr/cc)
1	40,400	97,600	89,400	99,200	1,034
2	40,800	98,300	90,300	99,600	1,027
Rata-rata	**40,600**	**97,950**	**89,850**	**99,400**	**1,030**

2. Penetrasi aspal

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk melihat besar penetrasi aspal yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji dan menyesuaikannya dengan spesifikasi yang digunakan.

Tabel 4.11 Hasil pengujian penetrasi aspal (Sumber: Hasil percobaan laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

No. Sampel	Pembacaan (detik)					Rata-rata	Spesifikasi
	5	5	5	5	5		
1	66	64	68	66	63	65,40	60-70
2	67	69	65	63	68	66,40	60-70
Rata - rata						**65,9**	60-70

3. Titik lembek aspal

Pengujian titik lembek ini bertujuan untuk melihat perilaku aspal terhadap suhu karena pelembekan terhadap aspal tidak terjadi dalam sekejap pada suhu tertentu.

Tabel 4.12 Hasil pengujian titik lembek aspal (Sumber: Hasil percobaan laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

Pengujian	Spesifikasi	Hasil Pengujian
Titik Lembek Aspal	Min. 48°C	50,864°C

Pengujian ini dilakukan dengan mengambil 2 buah sampel dan nilai yang diambil adalah rata-rata dari kedua sampel tersebut. Hasil pengujian ini didapatkan nilai titik lembek sebesar 50,864°C. Nilai dari pengujian ini telah memenuhi persyaratan yang ditentukan dimana nilai titik lembek minimum pada aspal penetrasi 60/70 sebesar 48°C.

4. Kehilangan berat aspal

Tabel 4.13 Hasil pengujian kehilangan berat aspal (Sumber: Hasil percobaan laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

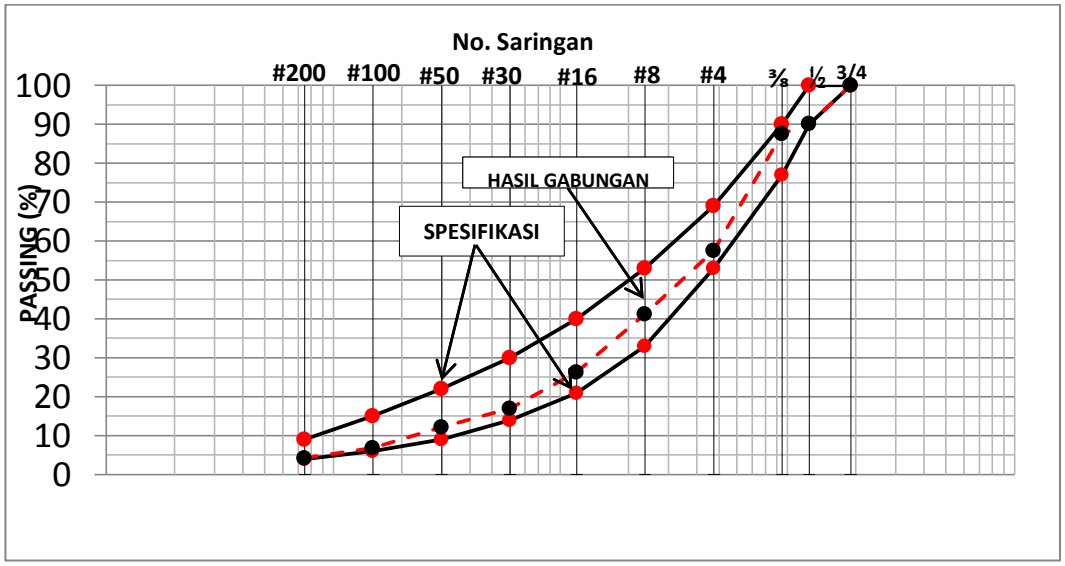
Nomor Sampel	**Berat Tin Box**	**Be**	**Be**	**Berat (Tin box + aspal) sesudah di oven**	**B**	**Jumlah penurunan berat**	**Prosentase penurunan berat aspal**
1	13,800	60	46	59,900	46	0,100	0,216

2	13,900	59	45	59,100	45	0,100	0,221
Rata-rata	**13,850**	**59**	**45**	**59,500**	**45**	**0**	**0,219**

C. Rancangan Campuran Aspal Beton AC-WC

1. Perhitungan persentase agregat dengan metode grafis

Setelah dilakukan pemeriksaan dan analisa gradasi untuk mengetahui berat dan presentase agregat yang lolos pada masing-masing saringan, dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Tabel 4.14 komposisi campuran agregat dibawah ini:



Gambar 4.1 Grafik gradasi agregat
Sumber :Hasil pengolahan data laboratorium PT. Mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo

Tabel 4.14 Analisa agregat gabungan (Sumber: Hasil pengolahan data laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

N	3	1	3	N	N	N	N	N	N	N
	19,00	1	9	4	2	1	0	0	0	0
A **(1**	100	1	1	0	0	0	0	0	0	0
12	12,00	2	0	0	0	0	0	0	0	0
A **(0,**	100	1	9	1	0	0	0	0	0	0

34	3	3	3	4	0	0	0	0	0	0
A	100	1	1	1	7	4	3	2	1	6
53	5	5	5	5	4	2	1	1	5	3
Fil	100	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G	100	9	8	5	4	2	1	1	6	4
Sp	**100**	**9**	**7**	**5**	**3**	**2**	**1**	**9**	**6**	**4**

2. Komposisi campuran untuk variasi aspal

Setelah proporsi masing-masing agregat diketahui, maka dilakukan perhitungan kadar aspal tengah/ideal yang nantinya digunakan sebagai acuan

dalam menentukan variasi kadar aspal. Variasi kadar aspal ditentukan dengan rumus menurut Depkimpraswil seperti bawah ini :

Pb = 0,035 (%CA) + 0,045 (%FA) + 0,18 (%FF) + K.....(2)

Keterangan :

Pb = Kadar aspal tengah/ideal persen terhadap campuran

CA = Fraksi agregat kasar = persen berat material yang tertahan saringan no.8 terhadap total campuran

FA = Fraksi agregat sedang = persen berat material yang lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200 terhadap berat total pencampuran

FF = Fraksi bahan pengisi = persen berat material yang lolos saringan no. 200 terhadap berat total

K = Konstanta (0,5-1,0)

Berdasarkan rumus di atas, pada penelitian campuran *Aspalt Concrete* ini didapat nilai aspal tengah.

Pb = 0,035 (57,96%) + 0,045 (37,79%) + 0,18 (4,25%) + 1

= 5,4945 %

Kadar aspal yang diperoleh dibulatkan menjadi 5,5 %. Jika kadar aspal tengah a % maka digunakan variasi (a – 1) %, (a - 0,5%), a%, (a + 1) % untuk mencari kadar aspal optimum dengan aspal tengah 6 % dibuat benda uji dengan 5 variasi kadar aspal yaitu : 4,5 %, 5,0 %, 5,5 %, 6,0 %, 6,5 %.

3. Perhitungan berat agregat

Tabel 4.15 Perhitungan berat agregat beton aspal AC-WC setiap variasi (Sumber: Hasil pengolahan data laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

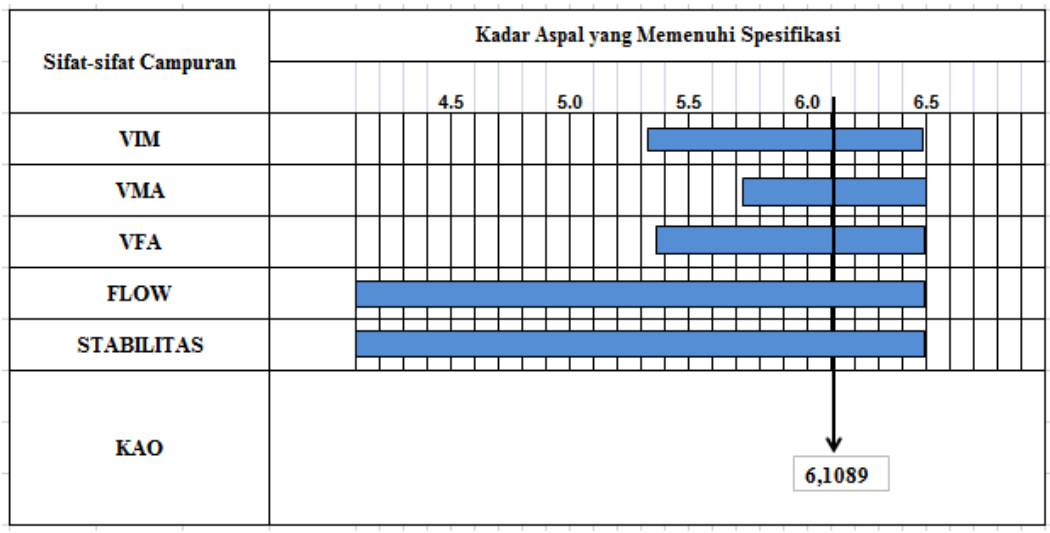
Kadar Aspal rencana		**4,50%**	**5,00%**	**5,50%**	**6,00%**	**6,50%**
total campuran		1200	1200	1200	1200	1200
Kebutuhan Aspal		54	60	66	72	78
Berat Agregat		1146	1140	1134	1128	1122
Abu Batu	**53%**	607,380	604,200	601,020	597,840	594,660
Agregat (0,5-1)	**34%**	389,640	387,600	385,560	383,520	381,480
Agregat (1-2)	**12%**	137,520	136,800	136,080	135,360	134,640
Filler	**1%**	11,460	11,400	11,340	11,280	11,220
	100%	1146	1140	1134	1128	1122

D. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Tabel 4.16 Hasil pengujian marshall untuk mencari KAO (Sumber: Hasil pengolahan data laboratorium PT. mareraya multi pratamajaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

Kadar Aspal	**VIM (%)**	**VMA (%)**	**VFA (%)**	**Stabilitas (Kg)**	**Flow (mm)**
4,50 %	6,046	13,738	55,191	1417,016	3,267
5,00 %	5,815	14,595	59,325	1341,643	3,367
5,50 %	4,786	14,727	66,678	1370,586	3,767
6,00 %	4,223	15,280	71,394	1386,867	3,833
6,50 %	3,593	15,771	76,199	1044,314	3,933
Spesifikasi	**3 – 5**	**Min. 15**	**Min. 65**	**Min. 800**	**2 – 4**

Dilakukan penggambaran grafik untuk mendapatkan nilai KAO yang memenuhi spesifikasi.



Gambar 4.2 Grafik untuk mencari KAO
Sumber :Hasil pengolahan data laboratorium PT. Mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo

Setelah didapat nilai rata-rata pengujian Marshall setiap pengujian, maka dilakukan penggambaran grafik untuk mendaapatkan nilai KAO yang memenuhi semua persyaratan (Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)seperti Gambar 4.2. Maka diambil nilai yang paling terendah untuk menentukan nilai KAO, yaitu VMA.

$$\text{KAO} = \frac{5{,}716 + 6{,}5}{2} = 6{,}1089\%$$

E. Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Optimum

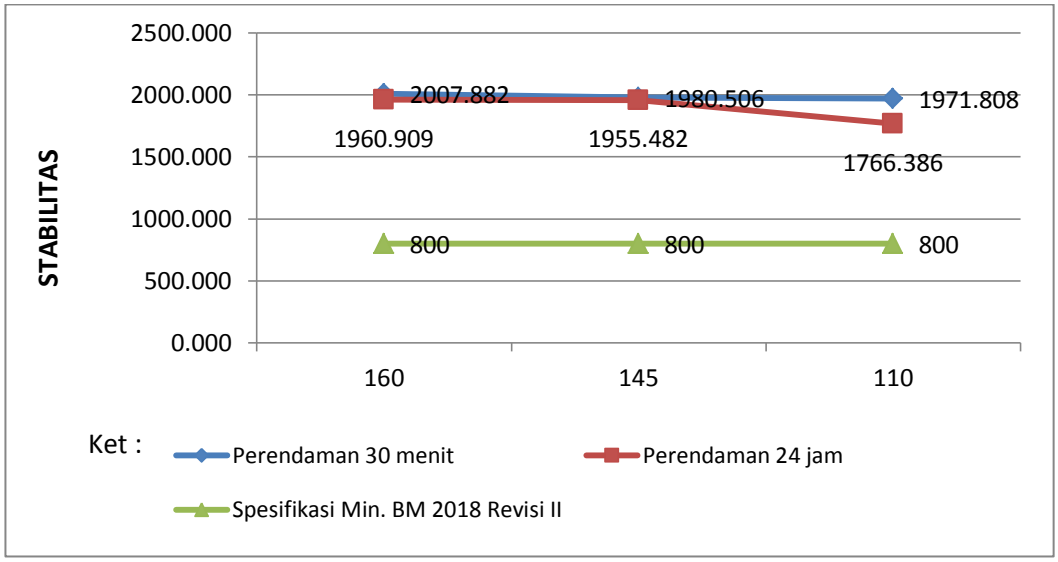
Setelah didapatkan nilai KAO, selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji pada ketiga variasi suhu untuk melihat nilai karakteristik Marshall yang meliputi, stabilitas, *flow*, VMA, VFA, dan VIM.

1. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan untuk menerima suatu beban sampai terjadi kelelehan. Menurut *the asphalt institute*, Mudianto (2004), stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami deformasi permanen seperti gelombang alur atau *bleeding* yang dinyatakan dalam satuan kg atau lb. Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada *Marshall test* sewaktu melakukan pengujian *Marshall.* Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang. Hasil pengujian stabilitas terlihat pada Tabel 4.17 dan Gambar 4.3.

Tabel 4.17 Hasil pengujian marshall pada stabilitas (Sumber: Hasil pengolahan data laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

Variasi Suhu	KAO	Perendaman 30 menit	Perendaman 24 jam	Spesifikasi (Kg)
160°	6,1089	2007,882	1960,909	Min. 800
145°	6,1089	1980,506	1955,482	Min. 800
110°	6,1089	1971,808	1766,386	Min. 800



Gambar 4.3 Pengaruh variasi suhu terhadap nilai stabilitas
Sumber : Hasil pengolahan data laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo

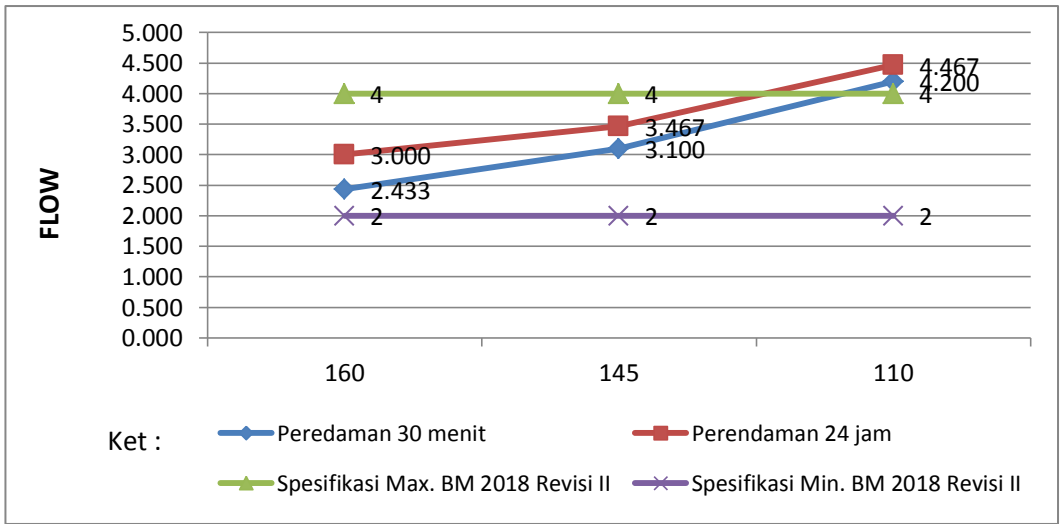
Pada Gambar 4.3, menunjukkan bahwa pada perendaman 30 menit dan 24 jam untuk suhu 110°C, 145°C dan 160°C telah memenuhi spesifikasi minimum bina marga 2018. Pada gambar tersebut juga menunjukkan bahwa semakin lama perendaman maka nilai stabilitas juga semakin menurun.

2. Kelelehan (*Flow)*

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai flow merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial (dalam satuan mm) pada saat melakukan pengujian *Marshall*. Suatu campuran yang memiliki kelelehan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya, sedangkan nilai kelelehan yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis. Hasil perhitungan nilai *flow* terdapat pada Tabel 4.18 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.18 Hasil pengujian marshall pada *flow* (Sumber: Hasil pengolahan data laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

Variasi Suhu	KAO	Perendaman 30 menit	Perendaman 24 jam	Spesifikasi (mm)
160°	6,1089	2,433	3,000	2 – 4
145°	6,1089	3,100	3,467	2 – 4
110°	6,1089	4,200	4,467	2 – 4



Gambar 4.4 Pengaruhvariasi suhu terhadap nilai *flow*
Sumber : Hasil pengolahan data laboratorium PT. Mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo

Pada Gambar 4.4, dapat dilihat bahwa pada suhu 110°C untuk perendaman 30 menit dan 24 jam berada di atas spesifikasi maksimum flow, sedangkan pada suhu 145°C dan 160°C untuk perendaman 30 menit dan 24 jam berada diantara garis batas minimum dan garis batas maksimum flow.

Standar spesifikasi nilai flow yaitu minimal 2 dan maksimum 4, maka dari itu disimpulkan bahwa pada suhu 110°C tidak memenuhi spesifikasi karena nilai

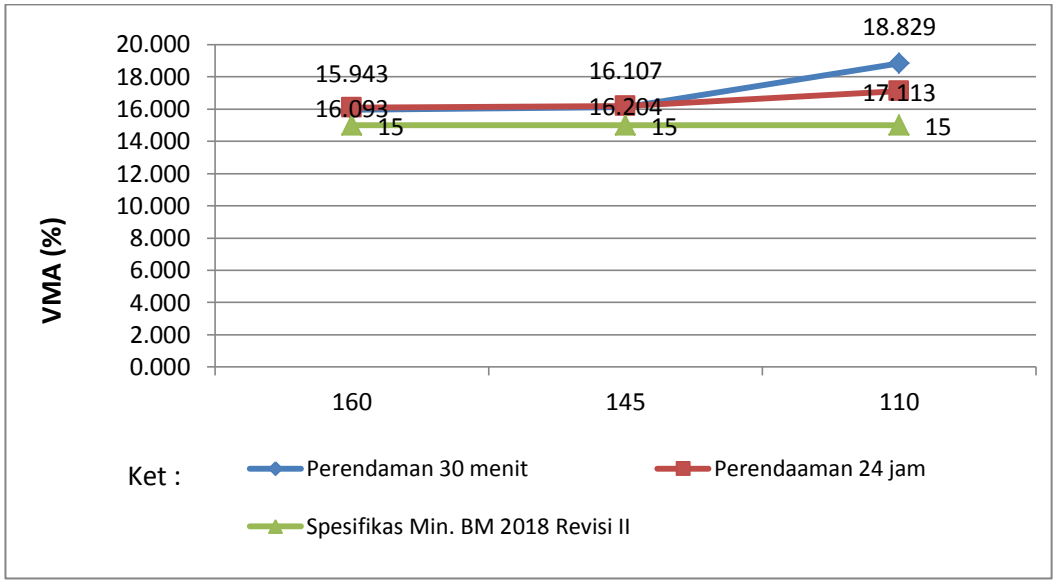
flow yang terlalu tinggi melebihi batas maksimum nilai flow. Sedangkan yang sesuai dengan standar spesifikasi dan dapat diterapkan dengan nilai flow yang stabil berada pada suhu 145°C dan 160°C.

3. *Voids of Mineral Aggregate* (VMA)

VMA merupakan volume pori di dalam beton aspal padat jika seluruh aspal ditiadakan. VMA menunjukkan persentase banyaknya rongga dalam agregat yang dapat diisi oleh aspal. Nilai VMA akan meningkat apabila diselimuti aspal dalam campuran lebih tebal. Hasil pengujian terhadap VMA dapat dilihat pada Tabel 4.19 dan Gambar 4.5.

Tabel 4.19 Hasil pengujian marshall pada VMA (Sumber: Hasil pengolahan data laboratorium PT. multi pratama jaya sempang e sengkang kabupate wajo)

Variasi Suhu	KAO	Perendaman 30 menit	Perendaman 24 jam	Spesifikasi (%)
160°	6,1089	15,943	16,093	Min. 15
145°	6,1089	16,107	16,204	Min. 15
110°	6,1089	18,829	17,113	Min. 15



Gambar 4.5 Pengaruh variasi suhu terhadap nilai VMA
Sumber : Hasil Pengolahan Data Laboratorium PT. Mareraya Multi Pratama Jaya Sempang E Sengkang Kabupaten Wajo

Pada Gambar 4.5, dapat dilihat bahwa suhu 110°C, 145°C dan 160°C semua berada di atas spesifikasi minimum VMA tetapi yang paling mendekati adalah suhu 145°C dan 160°C.

Standar spesifikasi VMA yaitu minimal 15% dan dapat dilihat pada grafik bahwa semua suhu berada di atas standar spesifikasi akan tetapi yang paling baik adalah yang paling mendekati batas minimum maka dapat disimpulkan bahwa suhu terbaik yaitu suhu 145°C dan 160°C.

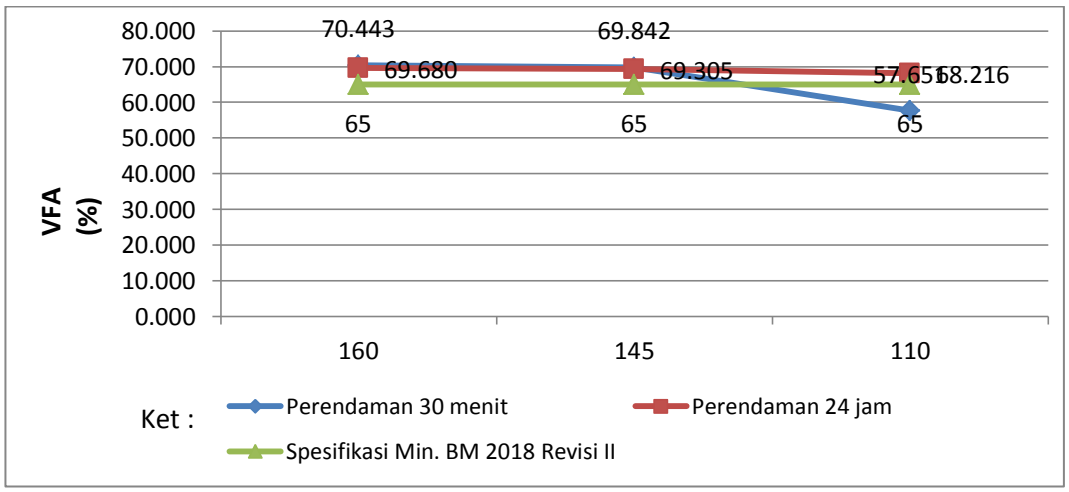
4. *Volume of voids Filled with Asphalt* (VFA)

VFA biasa disebut dengan rongga terisi aspal. Semakin tinggi nilai VFA menandakan semakin banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga campuran menjadi lebih kedap terhadap air dan udara. Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya

menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama. Hasil pengujian terhadap VFA dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan Gambar 4.6.

Tabel 4.20 Hasil pengujian marshall pada VFA (Sumber: Hasil pengolahan data laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

Variasi Suhu	KAO	Perendaman 30 menit	Perendaman 24 jam	Spesifikasi (%)
160°	6,1089	70,443	69,680	Min. 65
145°	6,1089	69,842	69,305	Min. 65
110°	6,1089	57,651	68,216	Min. 65



Gambar 4.6 Pengaruh variasi suhu terhadap Nilai VFA
Sumber : Hasil pengolahan data laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo

Pada Gambar 4.6, menunjukkan bahwa pada suhu 110°C untuk perendaman 30 menit berada di bawah garis minimum spesifikasi VFA. Sedangkan pada suhu 110°C untuk perendaman 24 jam berada di atas garis spesifikasi minimum. Kemudian pada suhu 145°C dan 160°C berada di atas garis standar spesifikasi minimum VFA.

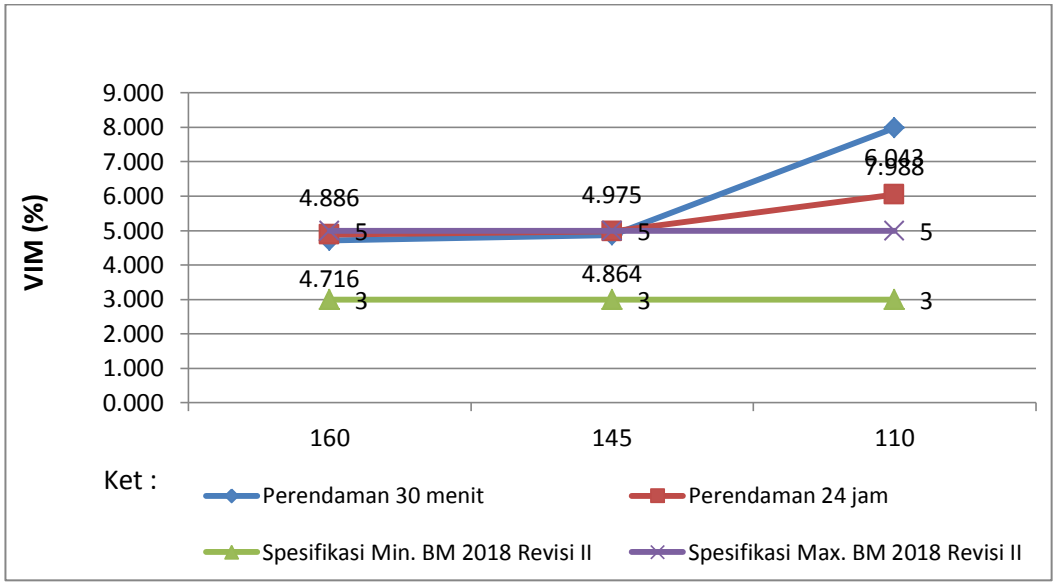
Standar spesifikasi untuk VFA adalah minimum 65%. Maka dapat disimpulkan bahwa suhu 110°C untuk perendaman 30 menit tidak memenuhi spesifikasi minimum VFA maka suhu tersebut tidak dapat diterapkan. Sedangkan pada suhu 110°C perendaman 24 jam memenuhi standar spesifikasi minimum VFA. Kemudian suhu 145°C dan 160°C memenuhi spesifikasi minimum VFA maka dapat disimpulkan bahwa suhu ini dapat digunakan dan diterapkan.

5. *Voids In Mixture* VIM

VIM adalah rongga yang terdapat dalam total campuran. VIM dibutuhkan untuk mengetahui persentase volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal dipadatkan. Nilai VIM yang besar menunjukkan bahwa rongga pada benda uji besar dan kurangnya kekedapan suatu benda uji terhadap air. Hasil pengujian VIM dapat dilihat pada Tabel 4.21 dan Gambar 4.7.

Tabel 4.21 Hasil pengujian marshall pada VIM (Sumber: Hasil pengolahan data laboratorium PT. mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo)

Variasi Suhu	KAO	Perendaman 30 menit	Perendaman 24 jam	Spesifikasi (%)
160°	6,1089	4,716	4,886	3 - 5
145°	6,1089	4,864	4,975	3 - 5
110°	6,1089	7,988	6,043	3 - 5



Gambar 4.7 Pengaruh variasi suhu terhadap nilai VIM
Sumber: Hasil pengolahan data laboratorium PT. Mareraya multi pratama jaya sempang e sengkang kabupaten wajo

Pada Gambar 4.7, menunjukkan bahwa pada suhu 110°C melebihi batas maksimum nilia VIM. Sedangkan suhu 145°C dan 160°C berada diantara batas minimum dan maksimum nilai VIM.

Standar spesifikasi VIM pada *Marshall* yaitu 3% – 5%. Maka dapat disimpulkan bahwa suhu 110°C tidak memenuhi spesifikasi karena berada diatas spesfikasi maksimum. Sedangkan suhu 145°C dan 160°C telah memenuhi spesifikasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian variasi temperatur pemadatan pada campuran aspal AC-WC terhadap parameter marshall yang telah dilakukan di Laboratorium PT. Mareraya Multi Pratama Jaya Sempang E Sengkang Kabupaten Wajo, maka dapat ditarik kesimpulan, sebagai berikut :

1. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh dari campuran ini adalah 6,1089%.
2. Dari hasil uji marshall dengan variasi suhu yang berbeda maka dapat disimpulkan bahwa yang memenuhi standar spesifikasi terdapat pada suhu 145°C dan 160°C. Sedangkan suhu 110°C tidak memenuhi standar spesifikasi. Dari kesimpulan yang didapat maka yang dapat diterapkan di lapangan adalah suhu 145°C dan 160°C.

B. Saran

Untuk penyempurnaan hasil penelitian serta untuk mengembangkan penelitian yang lebih lanjut disarankan untuk melakukan penelitian dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Hendaknya proses penelitian dilakukan di kampus Universitas Muhammadiyah Parepare.
2. Perlu dilakukan penelitian yang sama dengan menggunakan variasi suhu yang berbeda dan material yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Aninditiyo, A. W. (2011). *Analisa Pengaruh Variasi Temperatur pada Proses Pemadatan Campuran Aspal Beton*. Universitas Indonesia.

Bruton, M.J. (1985). *Introduction to Transportation Planning*. Melbourne: Hutchinson

Carlina, S. (2013). Pengaruh Variasi Temperatur Pemadatan Terhadap Nilai Stabilitas Marshall pada Laston AC-WC. In *Universitas Lampung. Bandar Lampung*. Universitas Lampung.

Diansari, S. (2016). *Aspal Modifikasi dengan Penambahan Plastik Low Liniear Density Poly Ethylene (LLDPE) Dintinjau dari Karakteristik Marshall dan Uji Penetrasi pada Lapisan Aspal Beton (AC-BC)*. Universitas Lampung.

Direktorat Jendral Bina Marga. (2018). Pemeriksaan Peralatan Unit Pencampur Aspal Panas (Asphalt Mixing Plant). *Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum*.

Mahadie, M. R., & Saiputra, M. I. (2015). *Pengaruh Variasi Temperatur Pada Pencampuran Asphalt Concrete-Wearing Course Terhadap Parameter Marshall*. Politeknik Negeri Sriwijaya.

Metode, Spesifikasi Dan Tata Cara Pembuatan Beton, Standar Nasional Indonesia (2002).

Nisfiannoor, M. (2009). *Pendekatan Statistika Modern Untuk Ilmu Sosial*. Jakarta : Salemba Humanika

Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas, Standar Nasional Indonesia (1989).

Pengujian Campuran Beraspal dengan Alat Marshall, SNI 06-2489-1991, Standar Nasional Indonesia (1991).

Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26, Yayasan Badan Penerbitan PU (1987).

Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Aspal Beton Flexibel (LASTON) No:13/PT/B/1983, (1983).

Putrowijoyo, R. (2006). *Kajian Laboratorium Sifat Marshall Dan Durabilitas Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Dengan Membandingkan*

Penggunaan Antara Semen Portland Dan Abu Batu Sebagai Filler. program Pascasarjana Universitas Diponegoro.

Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2018 Divisi 6, Kementrian Direktorat Jendral Pekerjaan Umum Indonesia (2018).

Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Edisi 2018 Revisi 2 Divısı ɒ (2018).

Sukirman, S. (1999). *Perkerasan lentur jalan raya*. Nova.

Sukirman, S. (2003). Beton Aspal Campuran Panas. In *Yayasan Obor Indonesia. Jakarta* (edition 2). ayasan Obor Indonesia. Jakarta.