

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kondisi lapis perkerasan jalan di Sulawesi Selatan khususnya di daerah Kabupaten Sidenreng Rappang, baik jalan nasional maupun jalan provinsi sebagian besar mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana. Kondisi ini dapat diakibatkan oleh berbagai faktor, antara lain: proses pengerjaan, mutu material, beban lalu-lintas dan kondisi lingkungan (AASHTO, 1993). Faktor-faktor ini bisa secara sendiri-sendiri mempengaruhi kinerja konstruksi perkerasan jalan, tetapi bisa juga mempengaruhi perkerasan jalan secara bersama-sama dan pada akhirnya menyebabkan kerusakan permanen. Mutu material pembentuk lapisan perkerasan jalan dalam hal ini campuran beton aspal lapis pengikat (Laston) atau Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) adalah salah satu faktor penentu kinerja lapis perkerasan jalan (AASHTO, 1993).

Terutama agregat, mengingat persentase agregat dalam campuran perkerasan dapat mencapai 75-85% dari total volume campuran atau berkisar 90% dari total berat campuran (Shen, et al., 2004). Besarnya persentase ini tentunya akan memberikan pengaruh yang besar pula pada kinerja konstruksi lapis perkerasan yang dibentuknya. Sifat-sifat fisik agregat seperti penyebaran ukuran butir (gradasi) sangat mempengaruhi kinerja campuran perkerasan seperti: kekuatan, stabilitas, daya tahan, permeabilitas, daya dukung, ketahanan terhadap kelelahan dan kesanggupan untuk menahan pengaruh kelembaban.

Pada lapisan perkerasan beraspal, meskipun sifat dari masing-masing lapisan beraspal dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap kinerja lapis perkerasan, namun peranan dari gradasi agregat terhadap kelelahan tidak dapat disangkal. Namun demikian gradasi agregat dapat direkayasa sedemikian rupa sehingga memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan, tetapi sifat-sifat fisik dan mekanik yang lainnya dari agregat seperti abrasi, berat jenis dan penyerapan aspal adalah sifat-sifat yang tidak dapat direkayasa karena sudah melekat sebagaimana keberadaan agregat itu, dan sifat-sifat ini akan sangat menentukan kinerja campuran konstruksi perkerasan jalan, mengingat jumlah aspal yang akan diserap oleh agregat dalam suatu campuran sangat ditentukan oleh berat jenis agregat dan penyerapannya.

Kebutuhan agregat dalam suatu campuran lapis perkerasan dan mengingat besarnya pengaruh agregat dalam menentukan kualitas campuran lapis perkerasan jalan, maka perlu adanya penelitian yang komprehensif dan mendalam tentang sifat-sifat fisik agregat yang digunakan dalam campuran lapis perkerasan dan pengujian lanjutan tentang sifat-sifat mekanis dari campuran perkerasan, sehingga kinerja campuran dapat memenuhi tugas utama dari suatu lapis perkerasan (lapis permukaan) yakni sebagai lapisan yang memikul beban dan sebagai lapis tahan aus, sehingga umur rencana jalan dapat dicapai sesuai dengan yang direncanakan. Untuk mengetahui tingkat kelayakan dari agregat yang digunakan dalam campuran konstruksi perkerasan jalan, pada penelitian ini akan dilakukan pemeriksaan sifat-sifat fisik dari material agregat dan menghubungkannya dengan Studi Karakteristik Volumetric *Marshall* dari campuran aspal panas jenis AC-BC.

Dalam penelitian ini material agregat yang digunakan adalah agregat kasar ukuran 2-3, 1-2, 0,5-1 dan agregat halus (abu batu) yang berasal dari daerah Lawawoi (Crusher Alitta CV Alam Raya).

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana evaluasi kinerja agregat dalam campuran lapisan aspal beton (Laston) digunakan analisa volumetrik marshall?
2. Apakah mutu material agregat berpengaruh terhadap sifat-sifat fisik agregat terhadap kinerja campuran lapis perkerasan jalan?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui sifat-sifat fisik agregat yang membentuk campuran perkerasan jalan yaitu agregat yang berasal dari daerah Lawawoi yaitu material agregat yang umumnya digunakan pada jalan di Kab. Sidenreng Rappang.
2. Untuk mengevaluasi kinerja agregat dalam campuran lapisan aspal beton (Laston) digunakan analisa volumetrik marshall.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah sebagai ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan material agregat dari daerah Lawawoi (Crusher Alitta CV Alam Raya).

2. Penelitian dipusatkan terhadap jenis campuran beraspal panas AC-BC
3. Menggunakan material agregat kasar ukuran 2-3, 1-2, 0,5-1 dan agregat halus (abu batu).
4. Penelitian hanya dilakukan melalui pengujian di Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare dengan menggunakan *Marshall* test.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat menambah khasanah studi tentang campuran aspal panas AC-BC dan juga merupakan salah satu syarat kelulusan Program Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Parepare.

2. Untuk Praktisi

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu referensi penelitian bagi pihak-pihak yang berkenaan dengan materi studinya dan juga diharapkan mampu mendorong penelitian berikutnya yang lebih sempurna.

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

Aspal merupakan material pengikat agregat, karena mempunyai daya lengket yang kuat, kedap air serta mudah dikerjakan. Aspal mempunyai sifat plastis yang dengan kelenturannya mudah diawasi untuk dicampur dengan agregat. Lebih jauh lagi, aspal juga bersifat termoplastis yang akan mencair atau lunak jika dipanaskan pada temperatur tertentu sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu membuat campuran aspal.

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan pada suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman. Jika temperatur mulai turun, aspal tersebut akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (bersifat termoplastis) (Sukirman, S., 2016).

Salah satu bahan dasar utama dari aspal adalah *Hydrocarbon* yang sering disebut sebagai bitumen, sehingga aspal juga disebut bitumen. Bitumen adalah zat perekat yang berwarna hitam, bentuknya ada yang keras sampai cair, mempunyai sifat lekat yang baik dan tidak larut dalam air.

Aspal yang umumnya digunakan pada saat ini adalah aspal yang berasal dari destilasi minyak bumi dan banyak pula yang menggunakan aspal alam yang

berasal dari pulau Buton. Aspal minyak yang digunakan berasal dari residu minyak bumi dinamakan aspal semen, bersifat mengikat campuran agregat dan memberikan lapisan kedap air, tahan terhadap asam, basa dan garam. Hal ini memberikan hasil yang baik pada campuran aspal jika digunakan sebagai bahan pengikat agregat. Sifat-sifat buruk aspal yang sering terjadi karena pengaruh faktor cuaca dan umur adalah kaku dan rapuh, sehingga pada akhirnya daya adhesi agregat dan aspal akan berkurang. Sifat-sifat ini dapat dihindari bila dalam pelaksanaan pembuatan campuran dilakukan sesuai dengan langkah-langkah yang baik dalam proses pelaksanaan serta dengan mempelajari dan memahami sifat-sifat dari campuran aspal yang akan dibuat.

1. Jenis Aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dapat dibedakan atas aspal alam dan aspal buatan. Aspal alam adalah aspal yang diperoleh dari alam dan untuk dalam penggunaannya hanya memerlukan pengolahan yang sedikit, sedangkan aspal buatan memerlukan banyak pengolahan dan merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

a. Aspal alam

Di Indonesia aspal alam ditemukan di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara yang dikenal dengan nama Aspal Boton (Asbuton). Bitumen asbuton berasal dari minyak bumi yang meresapi batu kapur yang porous, kemudian melalui periode waktu yang panjang dan berlangsung secara alami terjadi penguapan fraksi ringan dari minyak, mula-mula gas yang menguap kemudian diikuti oleh gasoline, kerosene, diesel oil yang akhirnya tinggal bitumen dalam batuan kapur.

b. Aspal buatan

Aspal buatan adalah bitumen yang merupakan hasil/ residu penyulingan minyak bumi. Aspal buatan ini sering juga disebut sebagai aspal minyak. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan beberapa jenis residu yaitu *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *parafin base crude oil* yang banyak mengandung parafin atau *mixed base crude oil* yang mengandung campuran antara parafin dan aspal.

Aspal buatan terdiri dari berbagai bentuk, yaitu padat, cair dan emulsi:

1) Aspal padat (aspal keras)

Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan. Aspal padat ini juga dikenal dengan semen aspal (*asphalt cement*)

2) Aspal cair

Aspal cair adalah campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Dengan demikian *cutback asphalt* berbentuk cair berbentuk cair dalam suhu ruang. Berdasarkan bahan pencairnya dan kemudahan menguap bahan pelarutnya aspal cair dapat dibedakan atas:

a) RC (*Rapid Curing Cut Back*)

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bensin atau premium. RC merupakan *Cut back* yang paling cepat menguap.

b) MC (*Medium Curing*)

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan cair seperti minyak tanah.

c) SC (Slow Curing)

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan yang lebih kental seperti solar. Aspal jenis ini merupakan *Cut back* aspal yang paling lama menguap.

3) Aspal emulsi

Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi yang lebih cair dari aspal cair. Dalam aspal emulsi butir-butir aspal akan larut dalam air. Untuk menghindari butiran aspal saling menarik dan membentuk butiran yang besar, maka butiran tersebut diberi muatan listrik. Berdasarkan muatan yang dikandungnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas

- a) Kationik disebut juga aspal emulsi asam, merupakan aspal emulsi yang bermuatan listrik positif.
- b) Anionik disebut juga aspal emulsi alkali, merupakan aspal emulsi yang bermuatan listrik negatif.
- c) Nonionik merupakan aspal emulsi yang tidak mengalami ionisasi, berarti tidak menghantarkan listrik.

Yang umum digunakan sebagai bahan perkerasan adalah aspal emulsi anionik dan kationik. Berdasarkan kecepatan pengerasannya aspal dapat dibedakan atas :

- a) *Rapid Setting* (RS), aspal yang mengandung sedikit bahan pengemulsi sehingga pengikatan yang terjadi cepat.
- b) *Medium Setting* (MS)
- c) *Slow setting* (SS), jenis aspal emulsi yang paling lambat menguat.

4) Ter

Ter istilah umum cairan yang diperoleh dari mineral organik seperti kayu atau batu melalui proses pemijitan atau destilasi pada suhu tinggi tanpa zat asam. Sedangkan untuk konstruksi jalan dipergunakan hanya ter yang berasal dari batu bara, karena ter kayu sangat sedikit jumlahnya.

5) Aspal karet

Aspal karet ini diperoleh dengan cara menambahkan karet pada aspal minyak. Aspal yang dapat digunakan berupa aspal semen, aspal cair atau aspal emulsi, sedangkan karetnya berupa karet butiran, karet padat, atau pun karet cair.

2. Komposisi aspal

Aspal sebagai bahan pengikat pada aspal campuran panas, mempunyai sifat fisis yang ditentukan oleh komposisi kimia. Unsur *hydrocarbon* yang sangat kompleks, sangat sukar untuk memisahkan molekul-molekul yang berbentuk aspal tersebut. Setiap sumber minyak bumi menghasilkan komposisi molekul yang berbeda.

Komposisi aspal terdiri dari *asphaltene* dan *maltene*. *Asphaltene* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang larut dalam *heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri dari resin dan *oil*. Resin adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi pada aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan. Sedangkan *oil*, berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltene* dan resin, faktor kimia yang mempengaruhi kandungan fisik aspal merupakan dasar pemahaman faktor yang mengontrol kegunaan aspal itu sendiri.

Tabel 2. 1 Contoh komponen fraksional di Indonesia (*Sumber: Beton Aspal Campuran Panas, Sukirman, S., 2016*)

Unsur Kimia	Asphalt Cement Penetrasi 60/70
Asphalt	22,41 %
Maltene	-
Basa Nitrogen	24,90 %
Accidafin – 1(A1)	14,50 %
Accidafin – 1 (A2)	18,97 %
Parafin (P)	19,22 %

3. Sifat kimia dan fisik aspal

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan mempunyai fungsi sebagai berikut ini.

- a. Sebagai pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat serta antara aspal itu sendiri.
- b. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butiran-butiran agregat dan pori-pori yang ada pada agregat itu.

Dengan fungsi yang demikian, berarti aspal haruslah mempunyai sifat-sifat yang baik. Adapun sifat-sifat aspal adalah sebagai berikut ini.

a. Daya Tahan (*durability*)

Daya tahan aspal merupakan kemampuan aspal untuk mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat campuran aspal, tergantung agregatnya ,campuran agregatdengan aspal serta pelaksanaanya.

b. Adhesi dan kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga menghasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal,

kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.

c. Kepekaan terhadap temperatur

Karena bersifat termoplastis, maka aspal akan menjadi cair jika dipanaskan dan akan kental atau keras jika temperaturnya diturunkan.

d. Kekerasan aspal

Proses pencampuran aspal dengan agregat atau pada saat aspal panas disiramkan kepermukaan agregat yang telah dipersiapkan pada proses pelaburan, dilakukan pada temperature yang cukup tinggi. Pada saat pelaksanaan akan terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas dan akhirnya akan rapuh. Peristiwa perapuhan berlansung setelah masa pelaksanaan selesai. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan.

e. Berat jenis aspal

Adapun berat jenis aspal bervariasi antara 0,95-1,05gr/cc.

4. Mutu aspal

Aspal merupakan bahan utama dalam pembuatan campuran aspal beton, karena itu mutunya haruslah di kontrol. Mutu aspal ini sangat tergantung pada beberapa hal sebagai berikut :

- a. Kepadatan atau kekentalan
- b. Tingkat keawetan
- c. Ketahanan terhadap pelapukan akibat perubahan temperatur suhu / cuaca dan ketahanan terhadap air.

Karena sifat aspal sebagai penyemen, maka aspal digunakan sebagai bahan pengikat agregat dalam pembuatan Jalan Raya. Selain sebagai bahan pengikat, aspal juga harus tahan terhadap air, dan tahan lama.

5. Kadar aspal dalam campuran

Kadar aspal yaitu persentase berat aspal terhadap campuran agregat yang telah ditentukan. Kadar aspal dalam campuran beton aspal adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antar agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk ke dalam pori masing-masing butir agregat. Biasanya kadar aspal campuran telah ditetapkan dalam spesifikasi sifat campuran, maka untuk rancangan campuran di laboratorium digunakan kadar aspal tengah. Kadar aspal tengah yaitu nilai tengah dari rentang kadar aspal dalam spesifikasi campuran.

Perkiraan awal kadar aspal tengah dari rancangan campuran aspal dapat ditentukan dengan mempergunakan rumus dibawah ini :

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% Filler) + K \quad (1)$$

Dimana :

P_b = Kadar aspal tengah/ideal % terhadap berat campuran

CA = Persen agregat tertahan saringan No. 8

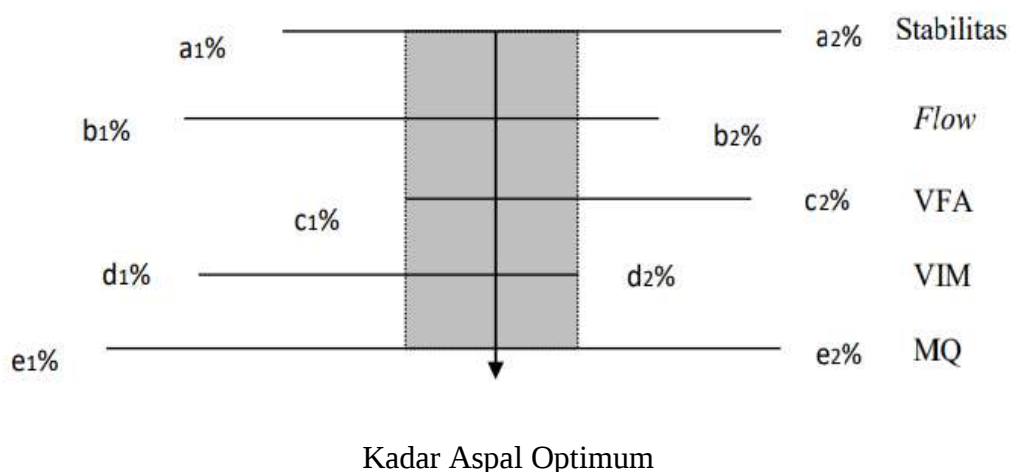
FA = Persen agregat lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No. 200

$FILLER$ = Persen agregat minimal 75% lolos saringan no. 200

K = Konstanta 0,5-1,0 untuk laston.

= Konstanta 2,0-3,0 untuk lataston.

Dari perkiraan awal kadar aspal, didapatkan nilai kadar aspal optimum yaitu nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi campuran. Kadar aspal optimum (KAO) ditentukan setelah pengujian *marshall*, dengan membuat diagram hubungan antara sifat teknis campuran yang paling berpengaruh (Stabilitas, *Flow*, VMA, VFA, VIM dan MQ) dengan persen kadar aspal. Penentuan kadar aspal optimum ditentukan sesuai dengan persyaratan batasan sifat – sifat teknis campuran, seperti ilustrasi pada gambar 3.1.



Gambar 2. 1 Diagram penentuan kadar aspal optimum
(Sumber: Sukirman, S., 1995)

Aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Campuran aspal beton yang biasa dikenal dengan nama *Hotmix*, dimana material-material pembentuk aspal beton dicampur diinstalasi pencampur pada suhu tertentu, suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan, suhu pencampuran umumnya antara 45°-155°C (Sukirman, S., 2003).

Jenis beton aspal campuran panas yang ada diantaranya :

1. Lapis Aspal Beton (Laston)

Lapisan Aspal Beton adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Asphalt Concrete*) karakteristik beton yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal minimum laston 4-6 cm sesuai dengan fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu :

- a. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*)
 - b. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*)
 - c. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-base (*Asphalt Concrete – Base*)
2. Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton) adalah beton aspal bergradasi senjang. Ditujukan untuk jalan-jalan lalu lintas ringan dan sedang. Ini sering juga disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*)
 3. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Cair) adalah beton aspal untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak ada atau sulit diperoleh. Lapisan ini mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah.
 4. ATB (*Asphalt Treated Base*) adalah lapisan yang khusus di formulasikan untuk meningkatkan keawetan dan ketahanan kelelahan

Asphalt Concrete merupakan *hot mix* yang mempunyai agregat bergradasi menerus. Stabilitas campuran ini didapat dari saling menguncinya agregat yang dipakai. Semakin banyak aspal yang dipakai maka semakin awet campuran tersebut, tetapi dipihak lain kadar rongga udara dalam campuran padat berkurang.

Karena ada tambahan pemadatan oleh lalu lintas, maka rongga udaranya bisa menjadi nol. Disini akan terjadi *bleeding*, dalam kondisi demikian aspal tidak berfungsi sebagai bahan pengikat saja, tetapi bisa juga sebagai pelumas, sehingga memperlemah *interlocking* antar agregat.

B. Aspal Ekstraksi

Salah satu metode yang telah dikembangkan untuk menguji kandungan kadar aspal dalam campuran (*Mix Design*) adalah dengan menggunakan metode Ekstraksi menurut prosedur pemeriksaan AASTHO (T – 164 – 80). Proses Ekstraksi merupakan proses pemisahan campuran dua atau lebih bahan dengan cara menambahkan pelarut yang bisa melarutkan salah satu bahan yang ada dalam campuran tersebut dapat dipisahkan. Pelarut yang biasa digunakan dalam proses ekstraksi antara lain spiritus, bensin, pertamax dan minyak tanah. Dalam penelitian ini dilakukan proses ekstraksi yaitu untuk mengetahui kadar aspal yang terdapat dalam campuran aspal yang dibuat (*mix design*) yang menggunakan alat *Centrifuge Extractor* dengan Pertamax Plus sebagai pelarutnya.

Rumus untuk menentukan kadar aspal hasil ekstraksi adalah sebagai berikut :

$$H = \frac{(A - (E + D))}{A} \times 100 \% \quad (2)$$

Dimana:

- H = kadar aspal sampel (%)
- A = Berat Sampel sebelum ekstraksi (gram)
- D = Berat masa dari kertas filter (gram)
- E = Berat sampel setelah ekstraksi (gram)

C. AC – BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*)

Lapis aspal beton (laston) sebagai bahan pengikat dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete - Binder Course*) lapisan ini merupakan bagian dari lapis permukaan diantara lapis pondasi atas (*Base Course*) dengan lapis aus (*Wearing Course*) yang bergradasi agregat gabungan rapat/menerus, umumnya digunakan untuk jalan – jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Beton aspal lapis antara (AC-BC) mempunyai ukuran agregat 25,4mm. bila campuran aspal AC-BC menggunakan aspal modifikasi maka dikenal sebagai AC-BC modified.

Campuran aspal panas lapis aus pengikat AC-BC (*Asphalt concrete-Binder Course*) merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*Wearing Course*) dan diatas lapisan pondasi (*Base Course*). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Komposisi agregat gabungan campuran AC-BC menggunakan Spesifikasi Persyaratan Aspal Modifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga tahun 2018 Rev II.

D. Spesifikasi Aspal AC-BC

Berdasarkan spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2018 Revisi 3, tebal nominal minimum campuran beraspal panas adalah AC – WC = 4.0 cm, AC – BC = 6.0 cm, dan AC – Base = 7.5 cm. Fungsi aspal antara lain adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas (*water proofing, protect terhadaperosi*)
2. Sebagai bahan pelapis dan perekat agregat.

3. Lapis resap pengikat (prime coat) adalah lapisan tipis aspal cair yang diletakkan di atas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya.
4. Lapis pengikat (tack coat) adalah lapis aspal cair yang diletakan di atas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar, berfungsi pengikat di antarakeduanya.
5. Sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, agregat halus, dan filler.

Tabel 2. 2 Tebal nominal minimum campuran beraspal (*Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018*)

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Stone Matrix Asphalt Tipis		SMA Tipis	3,0
Stone Matrix Asphalt – Halus		SMA – Halus	4,0
Stone Matrix Asphalt – Kasar		SMA - Kasar	5,0
Lataston	Lapis Aus	HRS – WC	3,0
	Lapis Fondasi	HRS – Base	3,5
Laston	Lapis Aus	AC – WC	4,0
	Lapis Antara	AC – BC	6,0
	Lapis Fondasi	AC – Base	7,5

Tabel 2. 3 Ketentuan untuk aspal keras (*Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018*)

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60- 70	Aspal Modifikasi Elastomer Sintesis	
				PG70	PG76
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan	
2.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin \delta$) pada osilasi 10 red/detik $\geq 1,0$ kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	

Lanjutan Tabel 2.3

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60- 70	Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintesis	
				PG70	PG76
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan	
5.	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7.	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASTHO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	-	
9.	Stabilitas penyimpanan perbedaan titik lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	≤ 2,2	
10.	Kadar paraffin lilin (%)	SNI 03-3639-2002	2		
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002)					
11.	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8	
12.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin \delta$) pada osilasi 10 red/detik 2,2 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13.	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456-2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 MPa					
15.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin \delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Tabel 2. 4 Ketentuan sifat-sifat campuran laston (AC) (Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018)

Sifat-Sifat Campuran		Laston Modifikasi		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 ⁽³⁾
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾	Min	3,0		
	Maks	5,0		

Lanjutan Tabel 2.4

Sifat-Sifat Campuran		Laston Modifikasi		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		2250 ⁽³⁾
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6 ⁽³⁾
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C ⁽⁵⁾	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) ⁽⁶⁾	Min	2		

E. Agregat

Agregat adalah bahan penyusun utama dalam perkerasan jalan. Mutu dari agregat akan sangat menentukan mutu dari perkerasan yang akan dihasilkan. Pengawasan mutu agregat dapat dilakukan dengan pengujian di laboratorium.

Agregat dalam campuran aspal berupa batu pecah, kerikil, pasir, atau komposisi material lainnya, baik merupakan hasil alam maupun hasil pengolahan (penyaringan/pemecahan) yang merupakan bahan utama konstruksi lapisan keras jalan dalam mendukung kekuatan (LASTON No. 13/PT/B/1983 DPU). Agregat dapat dibedakan berdasarkan beberapa hal

1. Berdasarkan proses pengolahan

Pembagian agregat berdasarkan proses pengolahan dapat berupa agregat alam, agregat yang melalui proses pengolahan, dan agregat buatan.

a. Agregat alam

Agregat alam adalah agregat yang dapat digunakan langsung sesuai dengan bentuk aslinya atau melalui sedikit pengolahan. Bentuk dari agregat alam ini

tergantung dari proses terbentuknya yaitu melalui proses erosi dan degradasi. Aliran sungai yang menyebabkan erosi pada agregat akan mengakibatkan permukaannya menjadi licin, dan degradasi yang terjadi pada bukit-bukit akan menyebabkan agregat bersudut dan mempunyai permukaan yang kasar. Dua bentuk agregat alam yang sering digunakan adalah kerikil dan pasir

b. Agregat yang melalui proses pengolahan

Agregat yang sering ditemui di alam masih banyak yang berbentuk batu gunung dan batu sungai dalam ukuran besar dan perlu dipecahkan sebelum digunakan sebagai agregat dalam konstruksi perkerasan. Tujuan dari pemecahan adalah untuk memperoleh bentuk partikel yang bersudut, diusahakan berbentuk kubus. Partikel kasar yang dihasilkan hendaknya mempunyai permukaan kasar sehingga menghasilkan gesekan yang baik, disamping itu gradasinya juga harus sesuai dengan yang diinginkan.

c. Agregat buatan

Agregat buatan berupa mineral *filler* atau pengisi (partikel dengan ukuran $< 0,075$ mm), diperoleh dari hasil sampingan pabrik semen dan mesin pemecah batu.

2. Berdasarkan asal kejadiannya

Berdasarkan kejadian suatu agregat atau batuan dapat dibedakan atas batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf.

a. Batuan beku

Batuan beku adalah batuan yang berasal dari magma yang sudah mendingin atau membeku. Magma mengalami pendinginan dan membeku

perlahan-lahan, bertekstur kasar dan dapat ditemui dipermukaan bumi karena proses erosi dan gerakan bumi. Batuan beku jenis ini berupa batu granit, gabbro, diorite.

b. Batuan sedimen

Batuan sedimen berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman, umumnya merupakan lapisan kulit bumi, hasil endapan di danau, di laut, dan sebagainya

c. Batuan metamorf

Batuan metamorf ini berasal dari batuan sedimen ataupun batuan beku yang mengalami proses perubahan bentuk karena adanya perubahan suhu dan tekanan dari kulit bumi, seperti batuan marmer, kuarsit dan sebagainya.

3. Berdasarkan besar partikel-partikel agregat

Berdasarkan besar ukuran butirannya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Batasan ukuran dari masing-masing agregat ini sering berbeda sesuai dengan institusi yang menentukannya.

Spesifikasi Umum 2018 membedakan agregat menjadi :

a. Agregat kasar

Agregat kasar adalah butiran yang tertahan saringan No. 4 (4,75 mm).

Fungsi agregat kasar dalam campuran aspal beton adalah :

- 1) Memberikan stabilitas campuran dari kondisi saling mengunci dari masing-masing agregat kasar dan menahan suatu aksi pemindahan.
- 2) Stabilitas ditentukan oleh bentuk dan tekstur permukaan agregat kasar.

Agregat yang digunakan dalam campuran aspal adalah batu pecah atau kerikil dalam keadaan kering. Dengan persyaratan sebagai berikut:

- a) Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.
- b) Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran normal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan.
- c) Agregat kasar harus mempunyai angularitas yang telah disyaratkan dalam tabel 3.4. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih.
- d) Agregat kasar untuk Latasir kelas A dan B dari kerikil yang bersih.
- e) Fraksi Agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampuran aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

Tabel 2. 5 Ketentuan agregat kasar (*Sumber: Bina Marga, 2018 revisi 2*)

No	Jenis Pemeriksaan		Metode Pengujian	Nilai
1	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
		Magnesium Sulfat		Maks. 18%

Lanjutan Tabel 2.5

No	Jenis Pemeriksaan			Metode Pengujian	Nilai
2	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%
3	Kekekalan agregat terhadap aspal			SSNI 2439:2011	Min. 95%
4	Butiran pecah terhadap agregat kasar	Sma		SNI 7619:2012	100/90 ^{*)}
		Lainnya			95/90 ^{**))}
5	Partikel pipih dan lonjong	Sma		ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5%
		Lainnya			Maks. 10%
6	Material lolos ayakan No. 200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Catatan :

*) 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

**) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka lebih bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah atau lebih.

b. Agregat halus

Agregat halus merupakan semua unsur yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dan tertahan saringan No. 200 (0,075 mm). Adapun syarat-syarat agregat halus antara lain :

- 1) Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm).

- 2) Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- 3) Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan persentase pasir didalam campuran dapat dikendalikan dengan baik.
- 4) Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikendaki lainnya.

Tabel 2. 6 Ketentuan agregat halus (*Sumber: Bina Marga, 2018 revisi 2*)

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min.60 %
Angularitas dengan Uji kadar rongga	SNI-03-6877-2002	Min.45
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI-03-4141-1996	Maks.1 %
Agregat lolos ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks.10 %

c. Bahan pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) yaitu bagian dari agregat halus atau material yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Bahan pengisi yang ditambahkan harus terdiri dari debu batu (*stone dust*), abu batu kapur (*lime stone dust*), semen (*portland cement*), abu terbang, abu tanur, atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan–gumpalan dan bahan lain yang tidak dikehendaki.

F. Pemeriksaan Agregat

Kualitas agregat yang akan digunakan sebagai bahan perkerasan jalan ditentukan dengan cara melakukan serangkaian pengujian sebagai berikut :

1. Analisa saringan

Perhitungan analisa saringan merupakan persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing - masing saringan terhadap berat total benda uji. Dilakukan penyaringan terhadap masing-masing agregat, untuk mengetahui susunan butiran (gradasi) agregat kasar, agregat halus, dan *filler*.

2. Berat jenis dari agregat kasar dan terdiri dari:

- a. Berat jenis (*Bulk Specific Gravity*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan serta air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- b. Berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*), yaitu perbandingan antara agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling antara agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh suhu tertentu.
- c. Berat jenis semu (*Apparent specific gravity*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- d. Penyerapan (*Absorption*) adalah persentase berat air yang bisa diserap oleh pori terhadap berat agregat kering.

3. Kelekatan aspal terhadap agregat

Kelekatan aspal terhadap agregat adalah persentase dari perbandingan luas permukaan batuan yang terselimuti aspal, terhadap keseluruhan luas permukaan batuan.

4. Sand Equivalent (SE)

Sand equivalent adalah perbandingan antara skala agregat halus / pasir dengan skala lumpur.

G. Semen

Semen berasal dari bahasa latin *caementum* yang berarti bahan perekat. Secara sederhana, definisi semen adalah bahan perekat atau lem, yang bisa merekatkan bahan – bahan material lain seperti batu bata dan batu koral hingga bisa membentuk sebuah bangunan. Sedangkan dalam pengertian secara umum semen diartikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan – bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat. (Bonardo Pangaribuan, Holcim).

Semen yang digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran aspal adalah semen portland, berupa semen hidrolik yang berfungsi sebagai bahan perekat bahan susun beton. Semen portland yang pada awalnya ditemukan di dekat kota Dorset, Inggris, adalah bahan yang umumnya digunakan untuk keperluan tersebut (Dipohusodo, 1999).

Kandungan semen Portland ialah: Kapur, silica dan alumina, ketiga bahan dasar tadi dicampur dan dibakar dengan suhu 150°C dan menjadi klinker. Setelah itu kemudian dikeluarkan, didinginkan dan dihaluskan sampai halus seperti bubuk. Biasanya ditambahkan gips atau kalsium sulfat (CaSO_4) kira-kira sampai

4 % sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. Bahan tambahan kadang-kadang ditambahkan pula untuk membentuk semen khusus, misalnya: kalsium klorida ditambahkan untuk menjadi semen yang cepat mengeras (Tjokrodinuljo, 1992).

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 15-2049-2004, semen Portland adalah semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak (*Clinker*) portland terutama yang terdiri dari kalsium silikat ($x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain

H. Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai dengan ukuran saringannya, diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan saringan dan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan saringan dalam 1 inci panjang. Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan.

1. Gradasi bergradasi baik

Agregat bergradasi baik adalah agregat yang ukuran butirannya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butiran. Campuran agregat yang bergradasi baik akan memiliki rongga udara yang sedikit, mudah dipadatkan, yang mempunyai stabilitas yang tinggi.

Berdasarkan ukuran agregat yang dominan dalam campuran maka agregat yang bergradasi baik dapat dibedakan atas :

a. Agregat bergradasi kasar

Adalah agregat yang bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran menerus dari ukuran kasar sampai ukuran halus, tapi dominan berukuran kasar.

b. Agregat bergradasi halus

Adalah agregat yang bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran menerus dari ukuran kasar sampai ukuran halus, tapi dominan berukuran halus.

2. Agregat bergradasi buruk

Gradasi buruk ini tidak memenuhi persyaratan gradasi baik. Gradasi ini dibedakan menjadi tiga macam yaitu gradasi seragam, terbuka, senjang.

- a. Gradasi seragam adalah gradasi dengan ukuran yang hampir sama/ sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat.
- b. Gradasi terbuka adalah agregat yang distribusi ukuran butiran sedemikian rupa sehingga pori-pori tidak terisi dengan baik.
- c. Gradasi senjang merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori diatas. Agregat bergradasi senjang umumnya digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yang merupakan campuran agregat dengan satu fraksi hilang, satu fraksi sedikit sekali. Agregat dengan gradasi senjang akan melapisi perkerasan dengan mutunya terletak antara kedua jenis diatas.

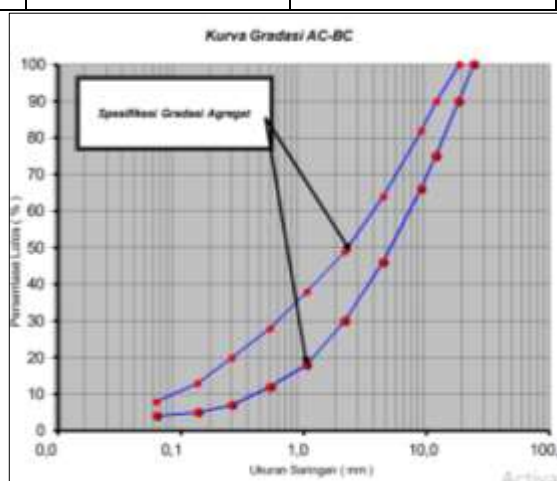
3. Persyaratan gradasi campuran

Gradasi yang dipakai sebagai material campuran perkerasan jalan haruslah memenuhi persyaratan sifat dan gradasi agregat yang telah ditetapkan dalam buku

spesifikasi pekerjaan jalan atau ditetapkan oleh badan yang berwenang. Dalam penelitian ini menggunakan agregat yang bergradasi halus. Persyaratan campuran gradasi Aspal Concrete Binder Course (AC-BC) menurut Bina Marga 2010, revisi 3 tercantum dalam tabel berikut ini:

Tabel 2. 7 Spesifikasi gradasi agregat AC-Binder Course (Sumber: Bina Marga, 2018 revisi 2)

No. Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Gradasi Halus AC-BC	Gradasi Kasar AC-BC
1"	25,4	100	100
3/4"	19,1	90-100	90-100
1/2"	12,7	74-90	71-90
3/8"	9,5	64-82	58-80
#4	4,75	47-64	37-56
#8	2,38	34,6-49	23-34,6
#16	1,18	28,3-38	15-22,3
#30	0,60	20,7-28	10-16,7
#50	0,30	13,7-20	7-13,7
#100	0,15	4-13	5-11
#200	0,075	4-8	4-8



Gambar 2. 2 Kurva gradasi
(Sumber: Bina Marga, 2018 revisi 2)

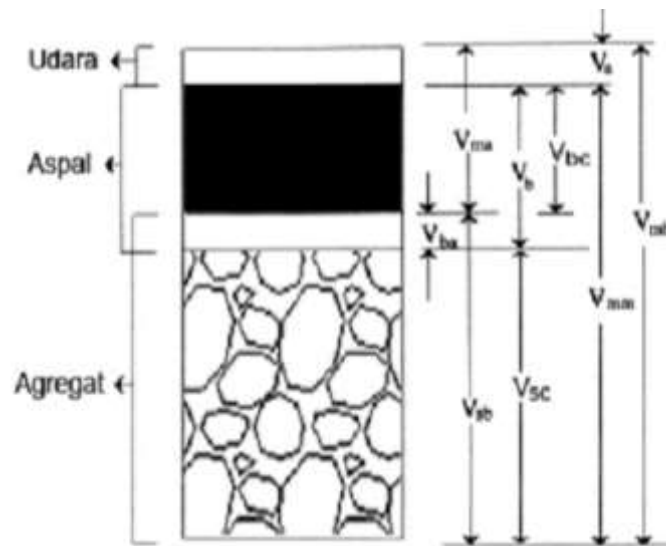
Pada Gambar 2.1. menerangkan batasan – batasan gradasi suatu campuran laston yaitu batasan atas dan batasan bawah, gradasi campuran agregat yang berada diantara batas atas dan batas ideal disebut dengan gradasi halus. Sedangkan gradasi campuran agregat berada di antara batas ideal dan batas bawah disebut dengan gradasi kasar, tidak boleh ke luar dari batasan - batasan atau ketentuan pada spesifikasi umum (Revisi 2), 2018 Bina Marga

I. Campuran Beton Aspal AC-BC Sebagai Lapis Perkerasan

Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Pekerjaan umum adalah AC-BC (*Asphalt Concrete - Binder Course*)

Untuk melihat apakah suatu campuran perkerasan memenuhi semua kriteria di atas, maka dilakukan pengujian Marshall yaitu untuk melihat sifat-sifat mekanik dari campuran yang meliputi: Stabilitas, kelelehan dan rongga udara dalam campuran.

Analisa Volumetrik Marshall terhadap suatu campuran perkerasan adalah untuk melihat sifat-sifat fisik dan mekanik campuran perkerasan dan menghubungkannya dengan sifat-sifat fisik dari agregat yang membentuk campuran tersebut. Sifat fisik agregat yang akan ditinjau dalam analisa ini terutama adalah Gradasi, Berat jenis dan Penyerapan agregat terhadap aspal, Index kepipihan dan kebersihan agregat (Puslitbang Prasarana Transportasi, 2002).



Gambar 2.3 Campuran aspal + agregat yang sudah dipadatkan
(Sumber: Sukirman, S., 2003)

Keterangan :

- V_a : Volume pori dalam campuran yang dipadatkan
- V_b : Volume aspal dalam campuran yang dipadatkan
- V_{ba} : Volume aspal yang terabsorbsi
- V_{bc} : Volume aspal efektif = $V_b - V_{ba}$
- V_{mb} : Volume bulk campuran yang telah dipadatkan
- V_{mm} : Volume campuran tanpa volume udara
- V_{sb} : Volume agregat (Bulk)
- V_{sc} : Volume agregat (efektif)
- V_{ma} : Volume pori antara butiran agregat.

Sebagai salah satu jenis konstruksi lapis perkerasan, campuran beton aspal (AC-BC) yang merupakan campuran antara agregat, aspal dan abu batu sebagai material pengisi yang dicampur pada suhu yang panas, haruslah memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Stabilitas

Jalan dengan lalu lintas yang tinggi menuntut nilai stabilitas yang lebih besar bila dibandingkan dengan jalan yang mempunyai volume lalu lintas rendah, atau hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja. Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan perkerasan, menjadi kaku dan cepat mengalami retak, karena volume antar agregat berkurang yang pada akhirnya akan menyebabkan kadar aspal yang dibutuhkan rendah. Stabilitas terjadi dari daya gesek atau geseran antar butiran agregat, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

Stabilitas yang tinggi dapat dicapai dengan mengusahakan penggunaan:

- a. Agregat dengan gradasi rapat
- b. Agregat dengan gradasi kasar
- c. Agregat berbentuk kubus
- d. Aspal dengan penetrasi yang rendah
- e. Aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butiran

2. Durabilitas

Durabilitas adalah gaya tahan/keawetan terhadap kemampuan lapis keras untuk menahan terjadinya disintegrasi karena pengaruh cuaca dan lalu lintas. Durabilitas dapat ditingkatkan dengan jumlah aspal yang tinggi, gradasi yang rapat, serta pemadatan yang memenuhi syarat.

3. Fleksibilitas

Fleksibilitas adalah kemampuan pada lapisan perkerasan untuk menyesuaikan perubahan bentuk yang terjadi pada lapisan dibawahnya tanpa

mengalami keretakan. Sifat fleksibilitas bertolak belakang dengan sifat stabilitas, oleh karena itu kedua sifat tersebut diupayakan mencapai tingkat optimum dalam perencanaan. Meningkatnya fleksibilitas campuran aspal dapat dilakukan dengan menambah kadar aspal, mempertinggi dektalitas, mengurangi tebal lapisan keras dan menggunakan gradasi agregat relatif terbuka.

4. Skid resistensi (kekesatan)

Kekesatan adalah kemampuan lapisan permukaan/surface yang berkaitan dengan lapisan keras tersebut untuk melayani arus lalu lintas kendaraan yang lewat di atasnya tanpa terjadi *skidding/slipping* pada saat kondisi permukaan basah. Nilai kekesatan yang tinggi didapat dengan cara menggunakan agregat dengan tekstur permukaan yang kasar dan nilai abrasi yang rendah.

5. Fatigue Resistance (ketahanan terhadap kekelahan)

Ketahanan terhadap kekelahan adalah kemampuan lapis untuk menahan lendutan berulang-ulang dari roda kendaraan yang melintasi lapisan perkerasan tanpa mengalami keretakan. Kuantitas aspal berpengaruh besar terhadap sifat *fatigue resistance* lapisan perkerasan, semakin banyak kandungan aspalnya maka semakin besar nilainya.

6. Workabilitas

Workabilitas atau kemudahan dalam pelaksanaan merupakan hal utama dalam proses penghamaparan dan pemadatan. Dimungkinkan terjadi perbedaan hasil pengujian di laboratorium dengan pelaksanaan di lapangan. Setiap perbaikan yang dilakukan di lapangan harus segera dilakukan secara efektif dan efisien.

J. Karakteristik Marshall

Karakteristik campuran panas agregat aspal dapat diukur dari sifat-sifat Marshall yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut:

1. *Stability/ stabilitas*

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap, seperti gelombang, alur dan naiknya aspal ke permukaan.

2. *Void in Minerale Aggregate (VMA)*

VMA adalah rongga udara antara butir agregat dalam campuran agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang merupakan persen volume rongga di dalam agregat yang terisi oleh aspal, dinyatakan dalam persen terhadap total volume.

3. *Void in The Mix (VIM)*

VITM merupakan persentasi rongga yang terdapat dalam rongga campuran.

4. *Void Filled With Asphalt (VFA)*

VFWA merupakan persentasi rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan.

5. *Flow/ Kelelehan*

Kelelehan adalah besarnya deformasi vertical sample yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan deformasi yang terjadi pada lapisan perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya.

6. *Marshall Quotient*

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan flow

7. Kepadatan/ *Density*

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan.

Dari hasil pengujian campuran aspal panas tersebut maka dikoreksi dengan angka koreksi *Stability* seperti Tabel 3.7.

Tabel 2. 8 Koreksi *stability* (Sumber: Buku Panduan Praktikum Aspal/ Jalan Raya)

Volume	Tinggi (Cm)	Koreksi
457 – 470	5,72	1,19
471 – 482	5,87	1,14
483 – 495	6,03	1,09
496 – 508	6,19	1,04
509 – 522	6,35	1,00
523 – 535	6,40	0,96
536 – 545	6,51	0,93
547 – 559	6,67	0,89
560 – 573	6,83	0,86
574 – 585	7,14	0,83

K. Penelitian Terdahulu

1. Ratna Yuniarti (2023) dengan penelitian Pengaruh Karakteristik Agregat Terhadap Nilai Indirect Tensile Strength Pada Campuran Laston. Tujuan penelitian ini untuk menelaah hubungan antara karakteristik agregat terhadap nilai indirect tensile strength pada lapis aspal beton (laston). Berdasarkan analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa peningkatan nilai berat jenis bulk, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dan berat jenis

efektif berdampak pada peningkatan nilai indirect tensile strength. Pada penyerapan air dengan rentang 1,80-3,11%, kemampuan campuran untuk menahan beban tarik semakin rendah seiring dengan semakin besarnya penyerapan air tersebut. Pada seluruh jenis dan komposisi agregat yang diujikan, semakin rendah tingkat keausan agregat menghasilkan nilai indirect tensile strength yang semakin tinggi. Secara umum karakteristik agregat berpengaruh kuat terhadap nilai indirect tensile strength.

2. Hariyadi (2022). Dengan judul penelitian Pengaruh Nilai Karakteristik Agregat Terhadap Lapisan AC BC Menggunakan Batuan Dari Desa Ngares Kabupaten Trenggalek. Tujuan penelitian yang didapat adalah untuk mengetahui nilai kelayakan agregat di Desa Ngares Kabupaten Trenggalek dan untuk mengetahui nilai karakteristik pada campuran Asphalt Concrete Binder Course (AB-BC) menggunakan material Desa Ngares Kabupaten Trenggalek berdasarkan nilai nilai marshall Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan batuan dari dari Desa Ngares Kecamatan Trenggalek sebagai pengganti agregat kasar memenuhi Spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum (2018) dikarenakan hasil uji abrasi dibawah 40% batas maksimum benda uji dan memperoleh nilai keausan agregat 27 % untuk menekan tekanan deformasi karena telah memiliki nilai untuk semua parameter Marshall yaitu: VMA (17,26) ,VIM (4,091), VFB (65,238), Stabilitas(1981,62), Flow (2,83), Marshall quotient (68,247). Sehingga agregat dari Desa Ngares Kabupaten Trenggalek baik digunakan dalam bahan campuran konstruksi bangunan maupun jalan raya.

3. Miftah Farid (2021). Dengan judul penelitian Pengaruh Ukuran Maksimum Agregat Terhadap Kinerja Campuran Lapis Aspal Beton (Laston). Tujuan penelitian ini adalah memeriksa sifat volume, sifat mekanik, kuat tarik tidak langsung (ITS) dan kekakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar ukuran agregat maksimum yang digunakan, semakin rendah nilai VIM, peningkatan VMA, peningkatan VFB, dan semakin besar MQ, semakin besar nilai ITS maka nilai kekakuan horizontal cenderung meningkat. Dalam sampel dengan ukuran maksimum 1 1/2 "(menggunakan 10% dari total ukuran 1"), stabilitas dan fluiditas meningkat, sedangkan pada sampel dengan ukuran agregat 5% 1 ", stabilitas dan fluiditas menurun Nilai kekakuan vertikal Untuk spesimen ukuran 1 1/2 "menggunakan ukuran agregat 10%, sedangkan untuk ukuran agregat 1 1/2" menggunakan ukuran agregat 5% 1 ", nilai kekakuan vertikal meningkat Besar. Dapat disimpulkan bahwa dari segi volume dan sifat mekaniknya, sampel 10% dengan ukuran agregat terbesar 1 1/2 "dan kandungan agregat 1" menunjukkan kinerja terbaik.
4. Afif Bagus Ansori (2017). Dengan judul Pengaruh Mutu Limbah Beton Sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar Pada Kualitas Campuran Asphalt Concrete-Binder Coarse (AC-BC). Campuran asphalt concrete-binder course (AC-BC) dengan agregat limbah beton mutu f'_c 25 menghasilkan nilai MQ tertinggi yaitu 214,31 kg/mm pada kadar aspal 4%, 200,02 kg/mm pada kadar aspal 5%, 194,09 kg/mm pada kadar aspal 6%, 188,60 pada kadar aspal 7% dan 151,48 pada kadar aspal 8%. Campuran asphalt concrete-binder course (AC-BC) dengan agregat limbah beton mutu f'_c 35 menghasilkan nilai MQ

200,07 kg/mm pada kadar aspal 4%, 185,25 kg/mm pada kadar aspal 5%, 179,96 kg/mm pada kadar aspal 6%, 170,54 pada kadar aspal 7% dan 142,20 pada kadar aspal 8%. Campuran asphalt concrete-binder course (AC-BC) dengan agregat limbah beton mutu f'_c 45 menghasilkan nilai MQ terendah yaitu 176,29 kg/mm pada kadar aspal 4%, 173,55 kg/mm pada kadar aspal 5%, 165,55 kg/mm pada kadar aspal 6%, 152,74 pada kadar aspal 7% dan 130,14 pada kadar aspal 8%.

5. Nina Santi (2023). Dengan judul Pengaruh Penggunaan Recycled Concrete Aggregates (Rca) Terhadap Durabilitas Campuran AC-WC. Hasil pengujian yang didapatkan antara lain KAO 6% untuk RCA 0%, KAO 6,4% untuk RCA 25%, dan KAO 6,5% untuk RCA 50%. Nilai IKS pada RCA 0%, 25%, dan 50% telah memenuhi spesifikasi yaitu diatas 90%. Nilai IDP dan IDK dengan setiap lama perendaman bernilai positif menandakan adanya kehilangan kekuatan pada campuran beraspal. Berdasarkan nilai IKS, IDP, IDK, durabilitas cenderung lebih baik pada penggunaan RCA 0% dan 25%, dibandingkan RCA 50% yang kurang baik dalam menahan pengaruh rendaman air.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan jenis penelitian Laboratory Research (Penelitian Laboratorium) terhadap kinerja campuran beraspal dengan material agregat yang diteliti menggunakan metode pengujian Marshall Test. Material aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70. Perencanaan komposisi campuran mengikuti prosedur metode Bina Marga untuk Beton Aspal lapis pengikat (AC-BC).

B. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare dengan menggunakan uji laboratorium. Direncanakan selama kurang lebih dua bulan pada bulan Januari – Februari 2024.

C. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun bahan – bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian antara lain :

1. Peralatan

a. Peralatan pengujian analisa saringan

1) Mesin pengguncang saringan

2) Saringan satu set mulai dari ukuran saringan 3/4”, 1/2”, 3/8”, No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200.

3) *Pan* dan *Cover* (Penutup).

- 4) Timbangan dengan ketelitian 0,2 gram dari berat benda uji.
 - 5) Wadah plastik, kuas dan sikat.
- b. Peralatan pengujian berat jenis:
- 1) Peralatan pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat sedang:
 - a) Timbangan dengan kapasitas 20 kg yang dilengkapi dengan alat penggantung keranjang dan ketelitian 0,1 dari berat benda uji.
 - b) Keranjang kawat.
 - c) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
 - d) Saringan No. 4 (4,75 mm).
 - 2) Peralatan pengujian berat jenis agregat halus:
 - a) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram dan kapasitas 3 kg.
 - b) Labu ukur (Picnometer) 500 milliliter.
 - c) Kerucut Kuningan (Cone) dengan diameter bagian atas (40 ± 3) mm dan diameter bagian bawah (90 ± 3 mm) dan tinggi (75 ± 3 mm).
 - d) Batang penumbuk (Tamper) dengan berat (340 ± 15) gram, diameter permukaan penumbuk (20 ± 3) mm.
 - e) Saringan No. 4 (4.75 mm).
 - f) Oven yang dilengkapi pengatur suhu.
 - g) Sendok pengaduk, wadah plastik
- c. Peralatan pembuatan benda uji atau briket aspal:
- 1) Tiga buah cetakan benda uji (Mold) yang berdiameter 10 cm (4 inchi) dan tinggi 7,5 cm (3 inchi) lengkap dengan plat dan leher sambung.

- 2) Alat pengeluar benda uji (Ekstruder) untuk benda uji yang telah dikeluarkan dari dalam cetakan benda uji.
- 3) Penumbuk yang memiliki permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 Kg (10 pound) dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18").
- 4) Silinder cetakan benda uji.
- 5) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
- 6) Landasan pematik.
- 7) Thermometer untuk menentukan suhu pemanasan dan suhu pemadatan.
- 8) Kompor untuk memanasi campuran material.
- 9) Wadah/cawan untuk mengaduk.
- 10) Spatula (pisau pengaduk dari baja)

d. Peralatan pengujian *Marshall*:

- 1) Mesin tekan lengkap dengan :
 - a) Kepala penekan berbentuk lengkung.
 - b) Cincin penguji yang berkapasitas 2500 kg / 5000 pound dengan ketelitian 0,0025 cm (0,001 inchi).
 - c) Arloji kelelahan dengan ketelitian 0,25 cm (0,01 inchi) dengan perlengkapannya.
- 2) Bak perendam (water bath) yang dilengkapi dengan pengatur suhu minimal 30°C.
- 3) Timbangan yang dilengkapi penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram

e. Peralatan pengujian ekstraksi

- 1) *Centrifuge Extractor*
- 2) Gelas Ukur 500 ml
- 3) Saringan Ekstraksi atau Kertas filter
- 4) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- 5) Talam-talam

2. Bahan

Dalam penelitian ini, bahan – bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Agregat halus : Agregat halus, yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat dari daerah Lawawoi (Crusher Alitta CV Alam Raya).
- b. Agregat kasar : Agregat kasar, yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat dari daerah Lawawoi (Crusher Alitta CV Alam Raya).
- c. Aspal : Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70 produksi CV Anato Group, Pinrang, Sulawesi Selatan.
- d. Bahan pengisi (*filler*) : Semen digunakan sebagai bahan utama *filler*. Semen yang digunakan adalah Semen *Portland* standart SNI.

D. Teknik Pengumpulan Data

Sebelum pemeriksaan karakteristik material di laboratorium dilakukan, terlebih dahulu diadakan pengambilan sejumlah sampel di lokasi material. Karena sebagaimana penulis ketahui bahwa material yang akan diuji sangat besar pengaruhnya terhadap ketelitian pengujian. Untuk memperoleh data-data sebagai bahan utama dalam penulisan ini, yaitu mengadakan penelitian/pengujian material

di laboratorium dan melakukan pengolahan data dari hasil pengujian material di laboratorium.

E. Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian akan dilakukan secara garis besar dan secara detail adalah sebagai berikut:

1. Persiapan

Dalam melaksanakan penelitian ini perlu dilakukan persiapandiantaranya perizinan pemakaian laboratorium, pengumpulan bahan atau mengambil sampel material, persiapan alat penelitian dan persiapan blanko isian data.

2. Pengujian Material

Adapun pengujian material terdiri dari analisa saringan, berat jenis dan penyerapan keausan agregat.

3. Perencanaan Campuran Aspal

Adapun metode yang dilakukan dalam perencanaan rancangan campuran aspal ini berdasarkan Metode Coba (*Trial Mixes*) dengan memperhitungkan jumlah kadar aspal yang dibutuhkan dalam merencanakan campuran aspal yang akan kita inginkan.

4. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji terlebih dahulu disiapkan agregat dan aspal sesuai jumlah benda uji yang akan dibuat, benda uji yang dibuat sebanyak 15 sampel.

5. Pengujian *Marshall*

Setelah pembuatan sampel sebanyak 15 lalu dilakukan *test marshall* untuk mencari kadar aspal optimum.

6. Mencari Kadar Aspal Optimum

Setelah kadar aspal optimum terpilih masing-masing kadar aspal dibuat 3 buah benda uji.

7. Analisa Data dan Pembahasan

Analisa data didapatkan setelah pengujian masing-masing sampel

8. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisa data dan didapatkan hasil dari penelitian barulah kesimpulan dan saran didapatkan.

F. Pengujian Material

Pengujian material adalah melakukan pemeriksaan terhadap material-material yang digunakan untuk pembuatan bahan campuran, agar dapat diketahui sifat-sifat material tersebut, baik untuk agregat maupun aspal. Pengujian agregat yang dilakukan antara lain:

1. Prosedur pengujian analisa saringan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) baik agregat kasar, medium, sedang, halus, dan pasir dengan menggunakan saringan. Pengujian Analisa Saringan Untuk Agregat Kasar dan Agregat Halus mengacu pada AASHTO T 27- 88 atau SNI. 03-1969-1990, sebagai berikut:

- a. Ambil contoh material secukupnya untuk pembagian butir material secara merata. Timbang contoh material yang akan digunakan, kemudian keringkan dengan oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap.
- b. Susun saringan pada mesin penguncang yang paling bawah adalah PAN kemudian saringan dengan lubang terkecil dan seterusnya sampai saringan

dengan lubang yang terbesar. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

- c. Biarkan selama 5 menit untuk memberi kesempatan debu-debu mengendap. Berat yang tertahan pada masing-masing saringan ditimbang.
- d. Kemudian dihitung persentase berat uji yang tertahan pada masing-masing saringan.

2. Prosedur pengujian berat jenis dan penyerapan

Pengujian berat jenis dan penyerapan (*Absorption*) dilakukan terhadap agregat kasar dan agregat halus. Berat Jenis ini digunakan untuk mendapatkan berat jenis efektif dari campuran aspal. Pengujiaannya memakai standar percobaan SNI. 03-1969-1990 (AASHTO T 85-74) untuk agregat kasar, SNI. 03-1970-1990 (AASHTO T 84-74) untuk pemeriksaan agregat halus. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar dan Agregat Sedang (SNI. 03-1969-1990 /AASHTO T 85-74)

Benda Uji adalah agregat yang tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm) sebanyak lebih kurang 3 kg.

- 1) Cuci benda uji untuk menghilangkan, debu atau bahan-bahan lainnya yang melekat pada permukaan benda uji.
- 2) Benda uji kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu (110 ± 5) °C, sampai berat tetap.
- 3) Dinginkan benda uji pada suhu ruang selama 1 – 3 jam dan timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).

- 4) Benda uji direndam dalam air lebih kurang 24 jam pada suhu ruang.
 - 5) Letakkan benda uji di dalam keranjang kawat, guncangkan keranjang untuk mengeluarkan udara yang tersekap, tentukan beratnya dalam air, ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25 °C) (Ba).
 - 6) Keluarkan benda uji dari air, keringkan dengan menggunakan lap hingga mencapai keadaan kering permukaan jenuh (SSD), untuk agregat butiran besar pengeringan dilakukan satu per satu.
 - 7) Timbang benda uji kering permukaan jenuh tersebut. (Bj).
- b. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus (AASHTO T 84-74)
- 1) Keringkan benda uji yaitu agregat hasil dari saringan No. 4 (4,75 mm) pada suhu 110°C sampai berat tetap, berat tetap apabila tidak terjadi penurunan / perubahan kadar air lebih besar dari pada 1 %.
 - 2) Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama 24 jam.
 - 3) Buang air perendam dengan hati-hati jangan sampai ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talam dan keringkan dengan cara diangin-anginkan sambil dibalik-balik sampai mencapai kondisi kering permukaan jenuh (SSD).
 - 4) Kemudian periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisi benda uji ke dalam kerucut pancung. Padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 9 tumbukan untuk 1/3 lapis pertama, 8 tumbukan untuk 1/3 lapis kedua dan 8 tumbukan untuk lapis terakhir

(jumlah tumbukan total 25 tumbukan), angkat kerucut tersebut, keadaan kering permukaan jenuh tercapai apabila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.

- 5) Setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh, masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer, tambahkan air suling ke dalam piknometer hingga benda uji terendam, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara.
- 6) Tambahkan air suling sampai mencapai tanda batas leher piknometer, rendam Piknometer dalam air selama 24 jam.
- 7) Timbang piknometer berisi dan benda uji sampai ketelitian 0.1 gram.
- 8) Keluarkan benda uji dan keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5^{\circ}\text{C})$.
- 9) Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur air untuk penyesuaian dengan suhu standar (25°C).

3. Prosedur pembuatan benda uji atau briket aspal

Sebelum pelaksanaan pembuatan benda uji perlu kiranya memperhitungkan jumlah agregat yang dibutuhkan dari masing-masing fraksi agregat. Rancangan dilakukan berdasarkan gradasi dari masing-masing fraksi agregat yang akan dicampur, hasil dari rancangan tersebut harus dicek dan dievaluasi kembali sehingga diperoleh proporsi campuran yang optimal.

4. Perancangan proporsi dari masing-masing fraksi agregat

Untuk pembuatan benda uji terlebih dahulu disiapkan agregat dan aspal sesuai jumlah benda uji yang akan dibuat. Benda uji dibuat sebanyak 15 sampel

untuk mencari kadar aspal optimum. Setelah dapat kadar aspal optimum masing-masing kadar aspal dibuat 3 buah benda uji. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a. Menimbang fraksi agregat dengan ukuran yang telah ditentukan. Untuk tiap benda uji diperlukan agregat yang telah digradasi sebanyak ± 1200 gram, sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $6,35 \text{ cm} \pm 0,125 \text{ cm}$.
- b. Keringkan semua fraksi agregat tersebut sampai beratnya tetap pada suhu $105 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
- c. Panaskan agregat 140°C diatas suhu campuran, sementara itu panaskan aspal.
- d. Tuangkan aspal yang telah ditentukan, pencampuran dilakukan sampai temperatur aspal menunjukkan suhu 160°C .
- e. Bersihkan perlengkapan cetakan benda uji (*mold*) serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan pada suhu antara $93,3^{\circ}\text{C}$ (*Mold*) dan $148,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (*Hammer*).
- f. Letakkan cetakan (*Mold*) di atas landasan pematat, lakukan pemadatan sebanyak 75 kali dengan tinggi jatuh *hammer* 45 cm, pada suhu campuran agregat aspal $140 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Selama pemadatan tahanlah agar sumbu palu pemadat selalu tegak lurus pada alat cetakan.
- g. Lepaskan keping alas dan lehernya, balikkan cetakan (*Mold*) yang berisi benda uji, pasang kembali perlengkapannya. Setelah itu lakukan pemadatan kembali sebanyak 75 kali.

- h. Setelah pemadatan selesai, lepaskan keping alas dan keluarkan benda uji tersebut dengan *extruder*, letakkan benda uji di atas permukaan yang rata, biarkan selama ± 24 jam pada suhu ruang.

5. Prosedur pengujian marshall

Pengujian *marshall* dilakukan untuk mendapatkan Stabilitas dan Kelelahan (*Flow*) Benda Uji dengan mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 Atau AASHTO T245-90. Penimbangan yang dibutuhkan berkaitan dengan perhitungan sifat volumetrik campuran dilakukan terlebih dahulu sebelum uji *Marshall*.

Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a. Bersihkan benda uji dari kotoran – kotoran yang menempel.
- b. Beri tanda pengenal pada tiap benda uji.
- c. Timbanglah benda uji
- d. Rendam dalam air selama ± 24 jam pada suhu ruang
- e. Timbang dalam air untuk mendapatkan isi
- f. Timbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh.
- g. Rendam benda uji dalam *water bath* selama 30 menit dengan suhu tetap $(60 \pm 1) ^\circ \text{C}$.
- h. Keluarkan benda uji dari *water bath* dan letakkan pada segmen bawah kepada penekan kemudian pasang segmen atas di atas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
- i. Pasang arloji kelelahan pada kedudukannya pada salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji dipegang teguh pada segmen atas kepala penekan.

Tekan selubung tangkai arloji kelelahan tersebut pada segmen atas dari kepala penekan selama pembebanan berlangsung.

- j. Sebelum pembebanan dilakukan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji. Aturlah kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
- k. Tekan saklar pada posisi up dimana proses pembebanan berlangsung berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sebesar 50 mm/menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang dicapai. Jumlah penekanan yang terjadi akan terlihat pada jarum arloji tekan (*Manometer Hidrolik*), jika perlawanan benda uji sudah tidak ada, tekan kembali saklar pada posisidown.
- l. Catat nilai pembebanan maksimum maksimum pada arloji tekan,dan nilai kelelahan yang ditunjukkan oleh *flow* meter.
- m. Waktu yang dibutuhkan dari saat diangkatnya benda uji dari terendam air sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.

6. Perhitungan paramteter marshall

Untuk menghitung parameter aspal yang digunakan yaitu VIM, VMA, VFA, stabilitas *marshall*, flow (kelelahan), *marshall quotient* dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.

7. Analisa, grafik hubungan kadar aspal dengan karakteristik marshall

Hasil pemeriksaan *Marshall Test* disesuaikan dengan kriteria yang telah ditentukan, untuk selanjutnya dibuat grafik-grafik hubungan antara lain:

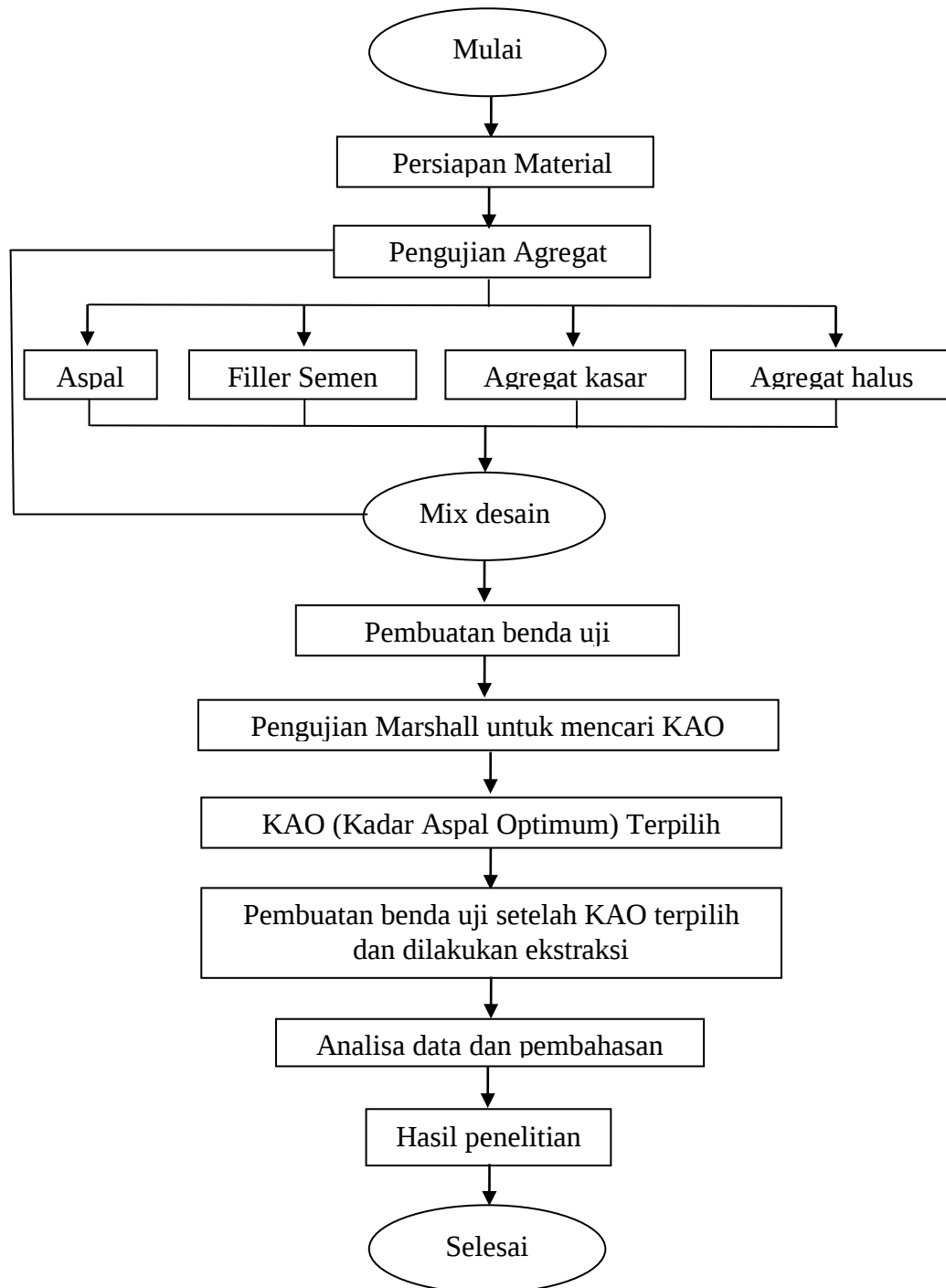
- a. Stabilitas dengan kadar aspal.

- b. *Flow* dengan kadar aspal.
- c. VIM dengan kadar aspal.
- d. VFA dengan kadar aspal.
- e. MQ (hasil bagi Marshall) dengan kadar aspal.

Kadar aspal optimum (KAO) ditentukan dari diagram hubungan antara sifat teknis campuran yang paling berpengaruh (Stabilitas, *Flow*, VIM, VMA, VFA dan MQ) dengan persen kadar aspal.

8. Prosedur pelaksanaan ekstraksi, langkah- langkah pengujiannya sebagai berikut:

- a. Menimbang sampel dan saringan ekstraksi sebelum melakukan ekstraksi aspal.
- b. Meletakkan mesin *centrifuge extractor* pada lantai dasar yang keras.
- c. Melepaskan pengunci penutup *centrifuge extractor* lalu memasukkansampel dan bensin sebanyak 500 ml kemudian memasang saringan ekstraksi dan memasang penutup *centrifuge extractor* serta menguncinya.
- d. Menyalakan mesin *centrifuge extractor* dan mengulangnya 3-4 kali hingga bersih atau jernih.
- e. Pada proses ke 4, bensin yang terakhir keluarkan yang sudah bersih atau jernih ditadah di gelas ukur untuk digunakan pada sampel berikutnya.
- f. Setelah selesai lalu, mengeluarkan sampel hingga bensinya melayang atau habis.
- g. Setelah itu didiamkan sampai dingin, lalu ditimbang beserta wadahnya.
- h. Menghitung nilai kadar aspal.



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 Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 Revisi II.

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agrgeat

a. Berat jenis agregat kasar 2-3

Tabel 4. 1 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar 2-3 (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

No.	Perhitungan	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2,585	Min 2.5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2,615			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2,665			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	1,168	Maks. 3	%	Memenuhi

Dari pengujian berat jenis agregat kasar 2-3 diatas didapat berat jenis bulk 2,585 gr, berat jenis jenuh kering permukaan 2,615 gr, berat jenis semu 2,665 gr, dan penyerapan 1,168 %. Jadi, dari hasil analisis berat jenis agregat kasar 2-3 telah memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis minimum 2.5 gr dan penyerapan air maksimal 3 %.

b. Berat jenis agregat kasar 1-2

Tabel 4. 2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar 1-2 (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

No.	Perhitungan	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2,553	Min 2.5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2,598			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2,674			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	1,781	Maks. 3	%	Memenuhi

Dari pengujian berat jenis agregat kasar 1-2 diatas didapat berat jenis bulk 2,553 gr, berat jenis jenuh kering permukaan 2,598 gr, berat jenis semu 2,674 gr, dan penyerapan 1,781 %. 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 %.

c. Berat jenis agregat kasar 0,5-1

Tabel 4. 3 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar 0,5-1 (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

No.	Perhitungan	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2,540	Min 2.5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2,592			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2,680			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	2,068	Maks. 3	%	Memenuhi

Dari pengujian berat jenis agregat kasar 0,5-1 diatas didapat berat jenis bulk 2,540 gr, berat jenis jenuh kering permukaan 2,592 gr, berat jenis semu 2,680 gr, dan penyerapan 2,068 %. Jadi, dari hasil analisis berat jenis agregat kasar 0,5-

1 telah memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis minimum 2.5 gr dan penyerapan air maksimal 3 %.

d. Berat jenis agregat halus (abu batu)

Tabel 4. 4 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus (abu batu) *(Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024)*

No.	Perhitungan	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2,517	Min 2.5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2,547			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2,594			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	1,183	Maks. 3	%	Memenuhi

Dari pengujian berat jenis agregat halus (abu batu) diatas didapat berat jenis bulk 2,517 gr, berat jenis jenuh kering permukaan 2,547 gr, berat jenis semu 2,594 gr, dan penyerapan 1,183 %. 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 %.

2. Pemeriksaan keausan agregat kasar (abrasi)

Tabel 4. 5 Hasil pengujian agregat kasar (abrasi) 500 putaran *(Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024)*

Pengujian	Spesifikasi	Hasil Pengujian	Ket.
Keausan Agregat Kasar 1-2	Maks. 30 %	27,731 %	Memenuhi
Keausan Agregat Kasar 2-3		28,744 %	Memenuhi

Dari pengujian agregat kasar (abrasi) menggunakan mesin *Los Angeles* dan diputar sebanyak 500 putaran bersama dengan bola-bola baja sebanyak 11 bola,

sehingga diperoleh hasil persen keausan sebesar 27,731 % pada agregat kasar 1-2 dan 28,744 % pada agregat kasar 2-3, telah memenuhi spesifikasi yaitu maksimal 30 %.

3. Hasil pengujian analisa saringan agregat

a. Analisa saringan agregat kasar 2-3

Tabel 4. 6 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar 2-3 (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

Saringan		Berat Tertahan Sampel I	Berat Tertahan Sampel II	Rata-rata Lolos %
ASTM	(mm)			
3/4	19	1494,600	1545,970	39,189
1/2	12,5	867,400	763,200	6,577
3/8	9,5	138,000	190,830	0,000
No. 4	4,75	0,000	0,000	0,000
No. 8	2,36	0,000	0,000	0,000
No. 16	1,18	0,000	0,000	0,000
No. 30	0,6	0,000	0,000	0,000
No. 50	0,3	0,000	0,000	0,000
No. 100	0,15	0,000	0,000	0,000
No. 200	0,075	0,000	0,000	0,000
PAN		0,000	0,000	0,000
		2500,000	2500,000	

Tabel 4. 7 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar 1-2 (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

Saringan		Berat Tertahan Sampel I	Berat Tertahan Sampel II	Rata-rata Lolos %
ASTM	(mm)			
3/4	19	226,600	121,100	93,046
1/2	12,5	1604,300	1746,110	26,038

Lanjutan Tabel 4.7

Saringan		Berat Tertahan Sampel I	Berat Tertahan Sampel II	Rata-rata Lolos %
ASTM	(mm)			
3/8	9,5	454,300	378,190	9,388
No. 4	4,75	200,100	239,300	0,600
No. 8	2,36	13,200	13,200	0,072
No. 16	1,18	0,000	0,000	0,072
No. 30	0,6	0,000	0,000	0,072
No. 50	0,3	0,000	0,000	0,072
No. 100	0,15	0,000	0,000	0,072
No. 200	0,075	0,000	0,000	0,072
PAN		1,500	2,100	0,000
		2500	2500	

Tabel 4. 8 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar 0,5-1 (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

Saringan		Berat Tertahan Sampel I	Berat Tertahan Sampel II	Rata-rata Lolos %
ASTM	(mm)			
3/4	19	0,000	0,000	100,000
1/2	12,5	0,000	0,000	100,000
3/8	9,5	190,000	232,400	91,552
No. 4	4,75	2105,000	2113,400	7,184
No. 8	2,36	165,700	109,100	1,688
No. 16	1,18	27,600	32,600	0,484
No. 30	0,6	1,100	1,100	0,440
No. 50	0,3	1,400	1,400	0,384
No. 100	0,15	1,800	1,800	0,312
No. 200	0,075	0,000	0,000	0,312
PAN		7,400	8,200	0,000
		2500	2500	

b. Analisa saringan agregat halus (abu batu)

Tabel 4. 9 Hasil pengujian analisa saringan abu batu (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

Saringan		Berat Tertahan Sampel I	Berat Tertahan Sampel II	Rata-rata Lolos %
ASTM	(mm)			
3/4	19	0,000	0,000	100,000
1/2	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	657,600	649,200	73,864
No. 16	1,18	683,900	742,300	45,340
No. 30	0,6	393,200	289,200	31,692
No. 50	0,3	227,700	233,200	22,474
No. 100	0,15	239,500	245,500	12,774
No. 200	0,075	125,300	171,500	6,838
PAN		172,800	169,100	0,000
		2500	2500	

c. Analisa saringan 200 pada *filler*

Tabel 4. 10 Hasil pengujian analisa saringan *filler* (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

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

Hasil pengujian analisa saringan pada *filler* semen telah memenuhi persyaratan Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 Revisi II dimana hasil yang didapatkan yaitu sebesar 99,1% > 75%.

B. Hasil Pemeriksaan Aspal

Tabel 4. 11 Hasil pengujian aspal *(Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024)*

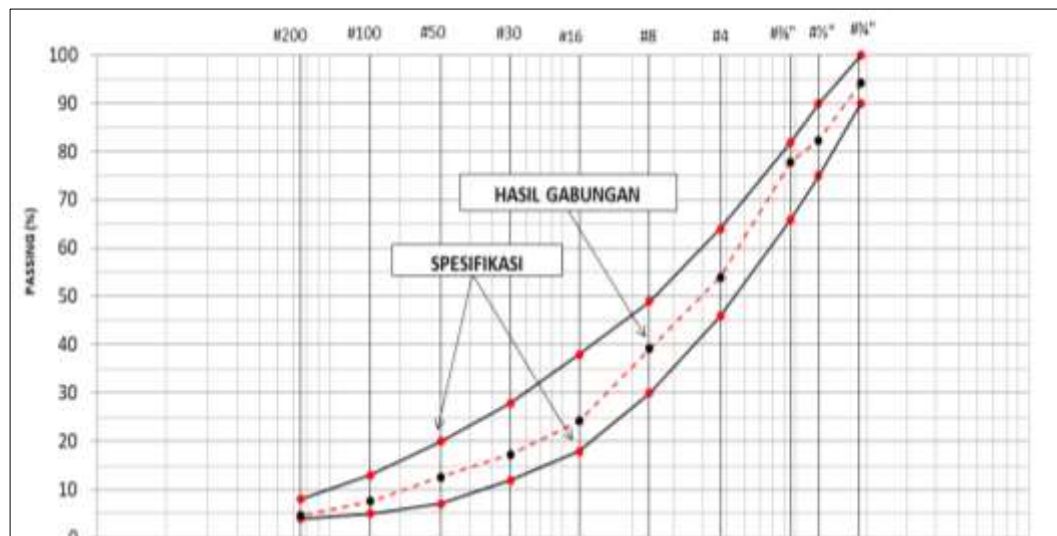
No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Satuan	Ket.
1	Berat jenis aspal	1,028	$\geq 1,0$	gr/cc	Memenuhi
2	Tititk lembek aspal	52,414	≥ 48	°C	Memenuhi
3	Penetrasi pada 25°C	65,9	60-70	0,1 mm	Memenuhi
4	Kehilangan berat aspal	0,235	$\leq 0,8$	%	Memenuhi

C. Hasil Rancangan Campuran

1. Perhitungan persentase agregat dengan metode grafis

Tabel 4. 12 Gradasi agregat gabungan (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

[illegible]



Gambar 4. 1 Grafik hasil gradasi agregat gabungan
(Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024)

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 persamaan 1 menurut Depkimpraswil seperti bawah ini :

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

Keterangan:

$$CA = 60,86$$

$$FA = 34,55$$

$$FF = 4,58$$

$$K = 1$$

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

$$P_b = 0,035 (60,86\%) + 0,045 (34,55\%) + 0,18 (4,58\%) + 1$$

$$= 5,509\%$$

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. 13 Perhitungan berat agregat beton aspal AC-BC setiap variasi (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

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	51%	584,460	581,400	578,340	575,280	572,220
Agregat (0,5-1)	27%	309,420	307,800	306,180	304,560	302,940
Agregat (1-2)	13%	148,980	148,200	147,420	146,640	145,860
Agregat (2-3)	8%	91,680	91,200	90,720	90,240	89,760
Filler	1%	11,460	11,400	11,340	11,280	11,220
100%		1146	1140	1134	1128	1122
Berat Kumulatif Agregat						
Abu Batu		584,460	581,400	578,340	575,280	572,220
Agregat (0,5-1)		893,880	889,200	884,520	879,840	875,160
Agregat (1-2)		1042,860	1037,400	1031,940	1026,480	1021,020
Agregat (2-3)		1134,540	1128,600	1122,660	1116,720	1110,780
Filler		1146	1140	1134	1128	1122

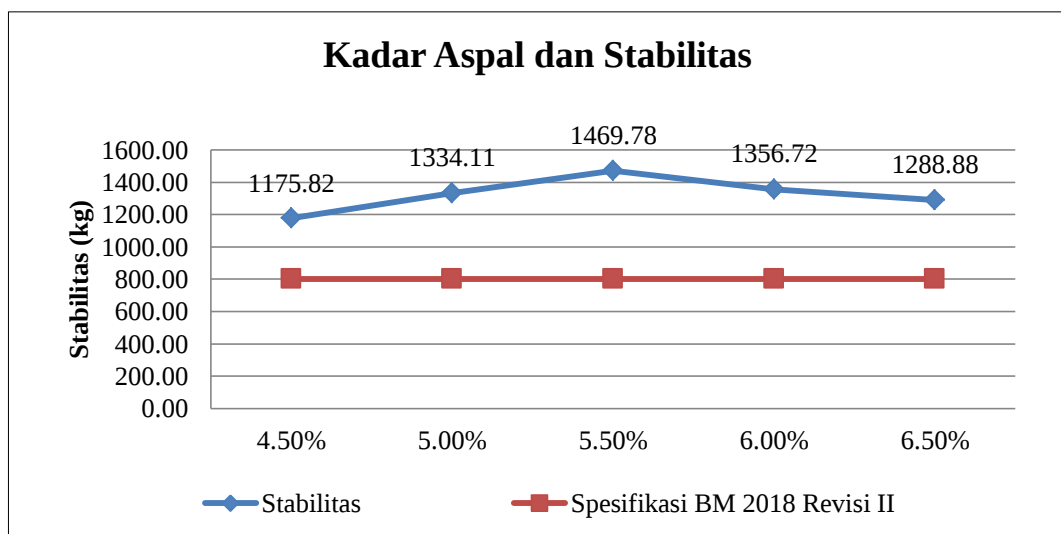
D. Hasil Pengujian Marshall

1. Stabilitas

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.

Tabel 4. 14 Hasil pengujian stabilitas (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

Kadar Aspal (%)	Nilai Stabilitas (Kg)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
4,5	1175,82	800	-	Memenuhi
5	1334,11			Memenuhi
5,5	1469,78			Memenuhi
6	1356,72			Memenuhi
6,5	1288,88			Memenuhi



Gambar 4. 2 Grafik hubungan kadar aspal dan stabilitas (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

Dari gambar 4.2 grafik menunjukkan hubungan stabilitas dan kadar aspal, pada kadar aspal 4.5 % sampai dengan 6.5 % mengalami kenaikan dan penurunan. Dari grafik nilai stabilitas maksimum yaitu pada kadar aspal 5,5 % sebesar 1469,78 kg, dan nilai minimum yaitu pada kadar aspal 4.5 % sebesar 1175,82 kg.

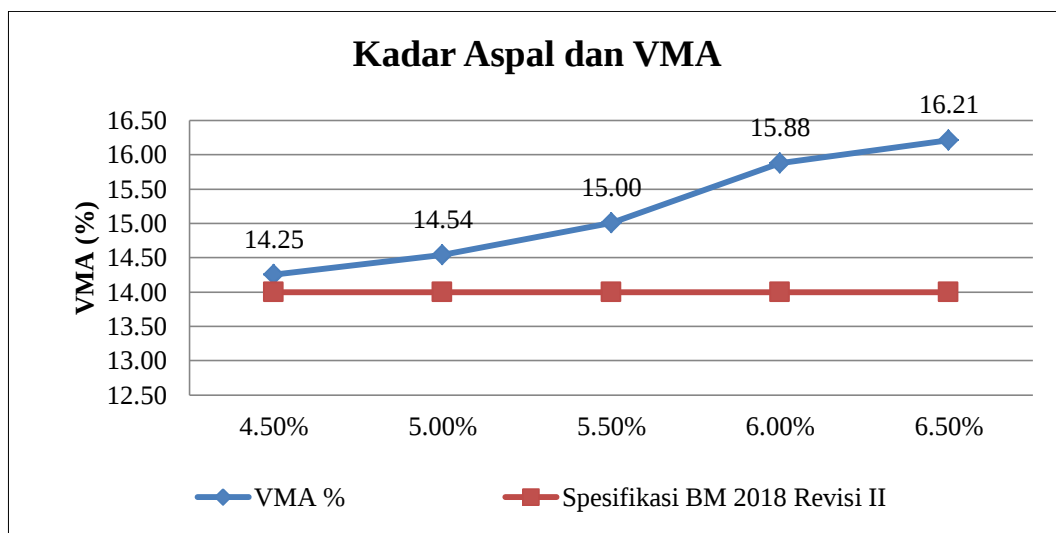
Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai stabilitas minimum untuk lalu lintas berat yaitu 800 kg, sehingga semua kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan yang tertera pada tabel 4.14.

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. Nilai terlalu kecil maka campuran bias mengalami masalah durabilitas dan nilai terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas.

Tabel 4. 15 Hasil pengujian VMA (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

Kadar Aspal (%)	Nilai VMA (%)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
4,5	14,25	14	-	Memenuhi
5	14,54			Memenuhi
5,5	15,00			Memenuhi
6	15,88			Memenuhi
6,5	16,21			Memenuhi



Gambar 4.3 Grafik hubungan kadar aspal dan VMA
(Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024)

Berdasarkan gambar 4.3 grafik menunjukkan nilai VMA (*Void In Mineral Aggregate*) pada kadar aspal 4.5 % sampai dengan 6.5 %, yaitu sebesar 14,25 %, 14,54 %, 15,00 %, 15,88 %, dan 16,21 %. Nilai VMA maksimum pada kadar aspal 6.5 % sebesar 16,21 %, dan nilai minimum pada kadar aspal 4.5 % sebesar 14,25 %.

Ditinjau dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VMA (*Void in Mineral Aggregate*) minimal 14 %, jadi semua kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan yang tertera pada tabel 4.12.

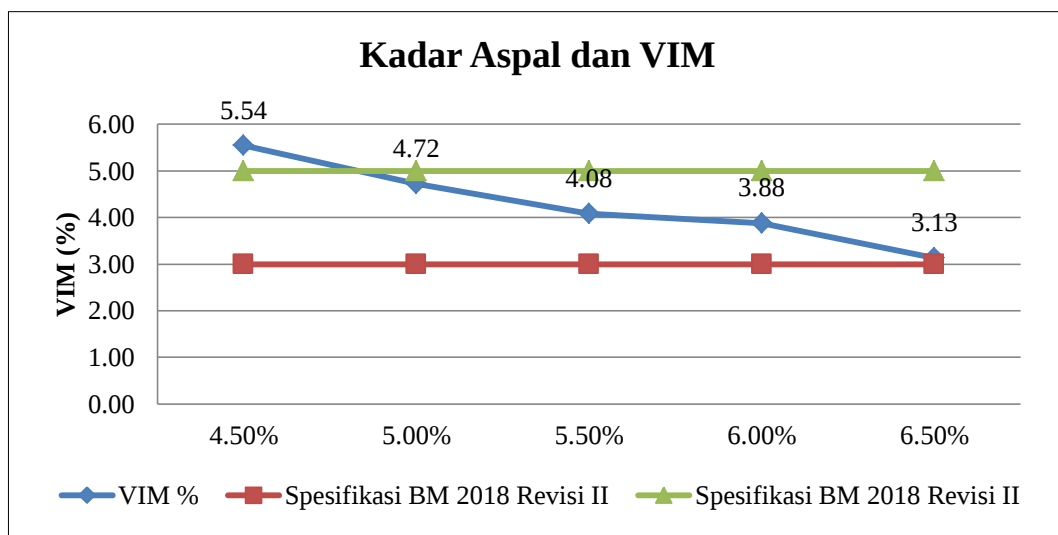
3. Rongga terhadap campuran (VIM)

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. Nilai VIM yang terlampau rendah akan menyebabkan mudah terjadinya bleeding pada lapis keras.

Tabel 4. 16 Hasil pengujian VIM (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

Kadar Aspal (%)	Nilai VIM (%)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
4,5	5,54	3	5	Tidak Memenuhi
5	4,72			Memenuhi
5,5	4,08			Memenuhi
6	3,88			Memenuhi
6,5	3,13			Memenuhi



Gambar 4. 4 Grafik hubungan kadar aspal dan VIM
(*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

Dari gambar 4.4 grafik menunjukkan hubungan VIM dan kadar aspal, pada kadar aspal 4.5 % sampai dengan 6.5 % mengalami penurunan dengan nilai VIM sebesar 5,54 %, 4,72 %, 4,08 %, 3,88 %, dan 3,13 %. Nilai VIM maksimum pada

kadar aspal 4,5 % sebesar 5,54 %, dan nilai minimum pada kadar aspal 6,5 % sebesar 3,13 %.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai VIM (*Void In Mix*) minimum untuk lalu lintas berat yaitu 3 % sampai dengan 5 %. nilai VIM yang memenuhi persyaratan yaitu pada kadar aspal 5 % sampai dengan 6,5 %.

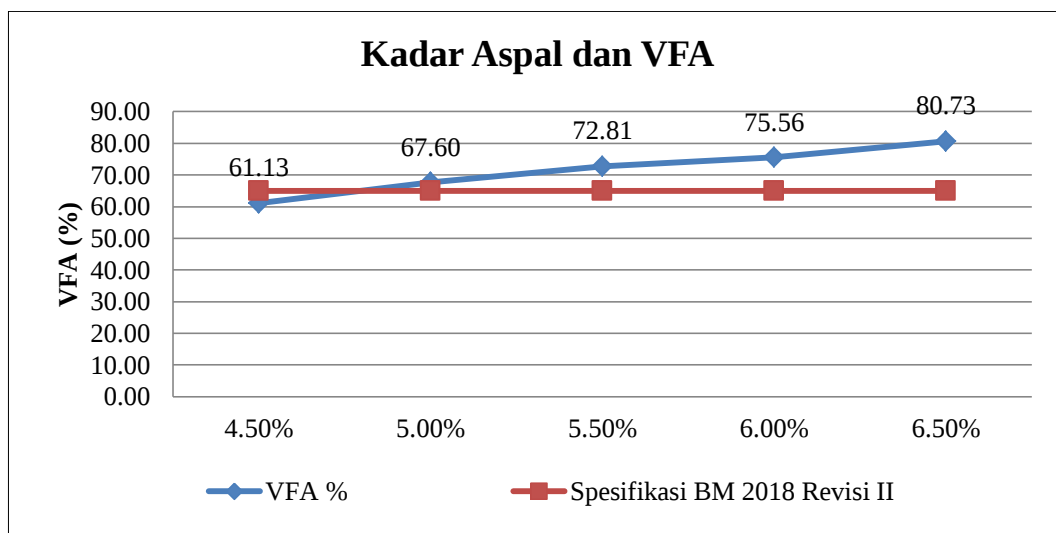
4. Rongga terisi aspal (VFA)

VFA (*Void Filled with Asphalt*), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan. Nilai VFA berpengaruh terhadap kekedapan dan durabilitas campuran serta sangat dipengaruhi oleh kadar aspal campuran.

Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama.

Tabel 4. 17 Hasil pengujian VFA (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

Kadar Aspal (%)	Nilai VFA (%)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
4,5	61,13	65	-	Tidak Memenuhi
5	67,60			Memenuhi
5,5	72,81			Memenuhi
6	75,56			Memenuhi
6,5	80,73			Memenuhi



Gambar 4.5 Grafik hubungan kadar aspal dan VFA
(Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024)

Dari gambar 4.5 grafik menunjukkan hubungan VFA dan kadar aspal, pada kadar aspal 4.5 % sampai dengan 6.5 % mengalami kenaikan, dengan nilai VFA sebesar 61,13 %, 67,60%, 72,81 %, 75,56 %, dan 80,73 %. Nilai VFA maksimum pada kadar aspal 6,5 % sebesar 80,73 %, dan nilai minimum pada kadar aspal 4,5 % sebesar 61,13 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar aspal yang digunakan semakin meningkat nilai VFA.

Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VFA minimal 65 %. Nilai VFA yang memenuhi persyaratan yaitu pada kadar aspal 5 % sampai dengan 6,5%.

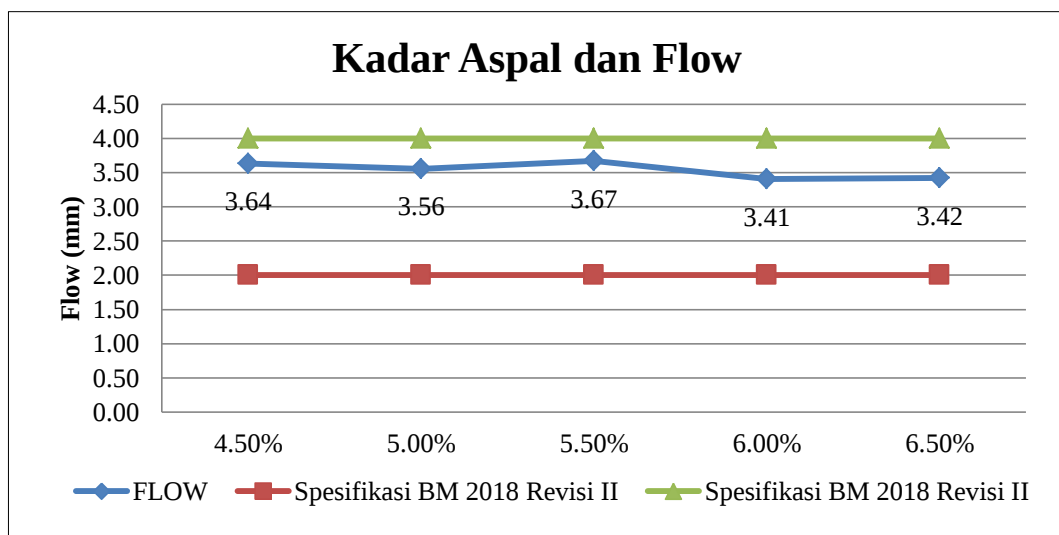
5. Flow

Besarnya deformasi vertical benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada laps perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Deformasi yang

terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat Marshall yang lain seperti stabilitas, VIM dan VFA.

Tabel 4. 18 Hasil pengujian *flow* (Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024)

Kadar Aspal (%)	Nilai Flow (mm)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
4,5	3,64	2	4	Memenuhi
5	3,56			Memenuhi
5,5	3,67			Memenuhi
6	3,41			Memenuhi
6,5	3,42			Memenuhi



Gambar 4. 6 Grafik hubungan kadar aspal dan *flow* (Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024)

Dari gambar 4.6 grafik menunjukkan hubungan *flow* dan kadar aspal, pada kadar aspal 4,5 % sampai dengan 6,5 % mengalami kenaikan dan penurunan. Dari grafik nilai *flow* maksimum yaitu pada kadar aspal 5,5 % sebesar 3,67 mm dan nilai *flow* minimum yaitu pada kadar aspal 6 % sebesar 3,41 mm.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai *flow* yang memenuhi persyaratan yaitu 2 mm– 4 mm, sehingga semua kadar aspal yang digunakan dalam penelitian.

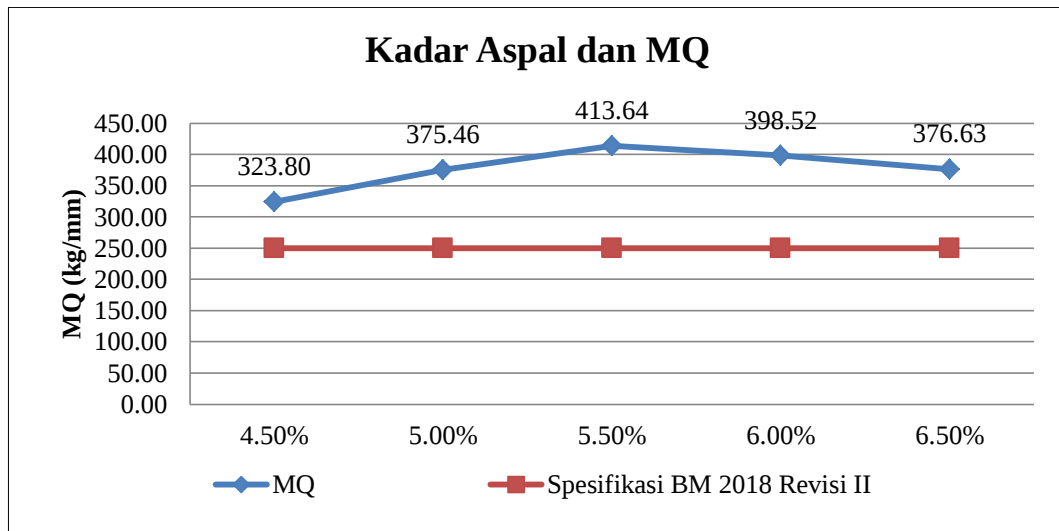
6. *Marshall quotient* (MQ)

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 perkerasanya semakin lentur.

Jika nilai MQ yang terlalu rendah menunjukkan campuran terlalu fleksibel yang mengakibatkan perkerasan mudah berubah bentuk bila menahan beban lalu lintas. Hubungan antara MQ dengan kadar aspal dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini.

Tabel 4. 19 Hasil pengujian *marshall quotient* (Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024)

Kadar Aspal (%)	Nilai MQ (kg/mm)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
4,5	323,80	2	4	Memenuhi
5	375,46			Memenuhi
5,5	413,64			Memenuhi
6	398,52			Memenuhi
6,5	376,63			Memenuhi



Gambar 4. 7 Grafik hubungan kadar aspal dan *marshall quotient*
(Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024)

Dari gambar 4.7 grafik menunjukkan hubungan *marshall quotient* dan kadar aspal, pada kadar aspal 4,5 % sampai dengan 6,5 % mengalami kenaikan dan penurunan. Dari grafik nilai MQ maksimum yaitu pada kadar aspal 5,5 % sebesar 413,64 kg/mm dan nilai MQ minimum yaitu pada kadar aspal 4,5 % sebesar 323,80 kg/mm.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai MQ yang memenuhi persyaratan yaitu minimal 250 kg/mm, sehingga semua kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan.

7. Kepadatan (*density*)

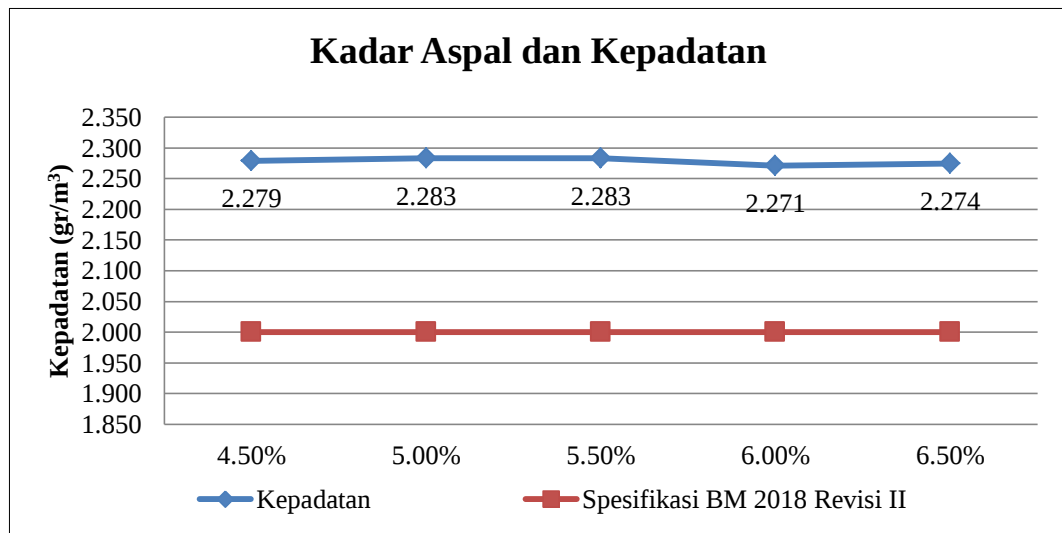
Kepadatan (*density*) merupakan berat campuran pada setiap satuan volume. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan tinggi akan mampu menahan

beban yang lebih besar serta kekedapan terhadap air dan udara yang tinggi.

Berikut tabel kepadatan dapat di lihat sebagai berikut.

Tabel 4. 20 Hasil pengujian kepadatan (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

Kadar Aspal (%)	Nilai Kepadatan (gr/m^3)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
4,5	323,80	2	4	Memenuhi
5	375,46			Memenuhi
5,5	413,64			Memenuhi
6	398,52			Memenuhi
6,5	376,63			Memenuhi

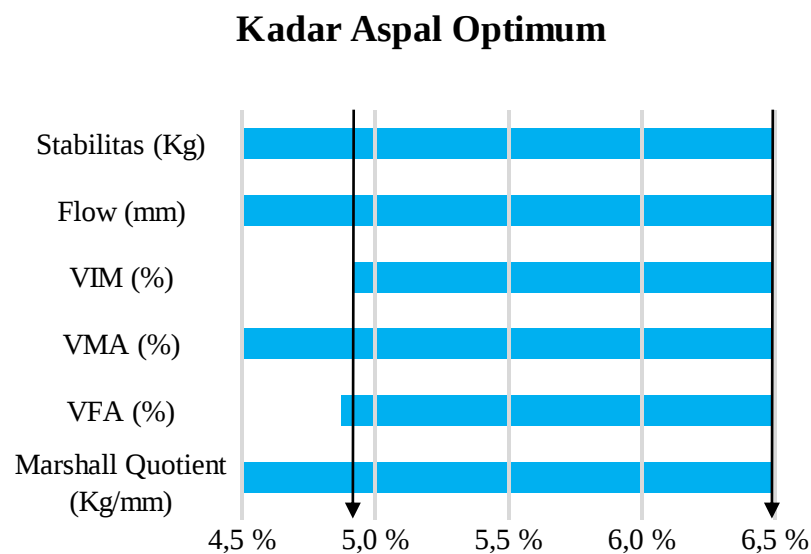


Gambar 4. 8 Grafik hubungan kadar aspal dan kepadatan (*Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024*)

Dari grafik di atas diperoleh nilai kepadatan terendah terhadap kadar aspal 6 % sebesar $2,271 \text{ gr/m}^3$ sedangkan nilai kepadatan tertinggi terhadap kadar aspal 5 % sampai dengan 5,5 % yaitu $2,283 \text{ gr/m}^3$. Sehingga menunjukkan bahwa *density* pada semua variasi memiliki nilai yang hampir sama.

E. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat tercapai mencapai persyaratan stabilitas, VMA, VIM, VFB, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ). Dalam penentuan kadar aspal optimum untuk menetapkan berapa besarnya kadar aspal efektif dalam campuran yang diperlukan untuk pembuatan benda uji baru dengan komposisi agregat sama namun dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan.



Gambar 4. 9 Diagram penentuan kadar aspal optimum
(Sumber: hasil pengujian laboratorium, 2024)

$$\text{Kadar aspal optimum} = \frac{\text{KA Min} + \text{KA Max}}{2} = \frac{4,83 + 6,5}{2} = 5,66 \%$$

Berdasarkan gambar 4.9 diagram menunjukkan nilai stabilitas, VMA, VIM, VFB, *flow*, dan *Marshall Quotient* yang memenuhi spesifikasi untuk semua karakteristik dalam campuran 4.5 %, 5 %, 5. 5%, 6 %, dan 6.5 %. Sehingga nilai kadar aspal optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5,66 %.

Hasil evaluasi volumeterik marshall campuran AC-BC yang menggunakan agregat dari daerah Lawawoi Crusher Alitta CV. Alam Raya, sebagaimana yang terlihat dari nilai-nilai stabilitas, kelelahan, *marshall quotient* dan VMA telah memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II pada semua kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5, 5%, 6%, dan 6,5%. Sedangkan nilai VIM dan VFA tidak memenuhi spesifikasi hanya pada kadar aspal 4,5 %. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh dari sifat-sifat fisik agregat yang digunakan dalam campuran terhadap karakteristik campuran perkerasan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian penggunaan agregat dari daerah Lawawoi Crusher Alitta CV. Alam Raya pada campuran aspal AC-BC, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisa volumetrik *marshall* pada campuran aspal beton AC – BC menunjukkan bahwa nilai stabilitas maksimum pada kadar aspal 5,5% sebesar 1469,78 kg dan minimum pada kadar aspal 4,5% sebesar 1175,82 kg. Nilai VMA maksimum pada kadar aspal 6,5% sebesar 16,21% dan minimum pada kadar aspal 4,5% sebesar 14,25%. Nilai VIM maksimum pada kadar aspal 4,5% sebesar 5,54% dan minimum pada kadar aspal 6,5% sebesar 3,13%. Nilai VFB maksimum pada kadar aspal 6,5% sebesar 80,73% dan minimum pada kadar aspal 4,5% sebesar 61,13%. Nilai *flow* maksimum pada kadar aspal 5,5% sebesar 3,67 mm dan minimum pada kadar aspal 6 % sebesar 3,41 mm. Nilai *marshall quotient* maksimum pada kadar aspal 5,5% sebesar 413,64 kg/mm dan minimum pada kadar aspal 4,5% sebesar 323,80 kg/mm. Diperoleh melalui volumetrik *marshall* dengan hasil Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah 5,66 %.
2. Sifat – sifat fisik agregat diantaranya berat jenis kering permukaan $2,59 > 2,5$, berat jenis SSD $2,62 > 2,5$, berat jenis semu $2,67 > 2,5$ dan penyerapan 1,17%

< 3%. Hasil keausan atau abrasi agregat kasar adalah 28,74% < 40%. Dengan gradasi agregat gabungan yang berada diantara batas atas dan batas bawah spesifikasi, hasil pada saringan 3/4": 94,23, 1/2": 82,44, 3/8": 77,94, no. 4: 54,02, no. 8: 39,14, no. 16: 24,26, no. 30: 17,29, no. 50: 12,57, no. 100: 7,61, no. 200: 4,58. Dapat disimpulkan bahwa nilai-nilai stabilitas, kelelahan, *marshall quotient* dan VMA telah memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II pada semua kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5, 5%, 6%, dan 6,5%. Sedangkan nilai VIM dan VFA tidak memenuhi spesifikasi hanya pada kadar aspal 4,5 %. Hal ini menunjukkan mutu material agregat berpengaruh terhadap sifat-sifat fisik agregat yang digunakan dalam campuran terhadap karakteristik campuran perkerasan.

B. Saran

1. Masih perlu lebih banyak lagi untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap karakteristik campuran aspal beton AC-BC menggunakan material Lawawoi Crusher Alitta CV. Alam Raya dengan komposisi campuran yang berbeda.
2. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya agar lebih teliti diperhatikan sampel benda uji pada saat pengadukan dan pemadatan. Karena apabila dalam pemadatan dilakukan secara tidak teliti, maka sampel benda uji akan mengalami keropos dan akan mempengaruhi kekuatan benda uji yang direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1993, *Guide for Design Of Pavement Structure*. Washington DC.
- AASHTO, 1993, *Sampling Bituminous Paving Mixtures*, AASHTO Designation T 168-82, Part II Test, 16th Edition.
- Anggraini, Muthia, 2014, *Kajian Kadar Aspal Hasil Ekstraksi Penghamparan Campuran AC-WC Gradasi Kasar Dengan Job Mix Formula*.
- Asphalt Institute, 1993, *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-mix Type*. Lexington, Kentucky, USA: Annual Series No. 2.
- ASTM 1995, *Annual Book of American Society for Testing Materials Standard*. USA.
- Badan Standarisasi Nasional, 2004, *Campuran bersapal Panas*. Buku I dan II
- Departemen Pekerjaan Umum, 1998, *Spesifikasi Umum Untuk Jalan dan Jembatan*, Direktorat Bina Marga.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum Bidang Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2018 Revisi 2 Divisi 6*. Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia..
- Kerbs, Robert D. and Walker, Richard D. (1971). *Highway Material*. Mc. Graw Hill Book Company. Virginia, USA.
- Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, 2015, *Diktat Pedoman Praktikum Aspal dan Jalan Raya*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Puslitbang Prasarana Transportasi, 2002, *Campuran Beraspal Panas dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*. Bandung.
- Putri ,Dwi, Lusi, 2014, *Kajian Kadar Aspal Hasil Ekstraksi Penghamparan Dan Mix Design Pada Campuran Asphalt Concrete- Wearing Course (AC-WC) Gradasi Halus*.
- Shen, et al., 2004. *Properties of Gap Agregate Gradation Asphalt Mixture and Pavement Deformation*.
- SNI 06-2489-1991 : *Metode pengujian campuran aspal dengan alat marshall*

Soehardi, Fitridawati, 2015, *Kajian Perbandingan Kadar Aspal Hasil Ekstraksi Campuran AC-WC Gradasi Kasar Dengan Cairan Ekstraksi Menggunakan Bensin*.

Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 revisi 2.

Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.

Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal – Campuran Aspal panas*. Edisi Pertama. Jakarta: Granit

Sukirman,S. (2016). *Beton Aspal – Campuran Aspal Panas*. Edisi ke tiga.