

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu jenis campuran yang digunakan pada umumnya di Indonesia adalah Aspal Beton (*Asphalt Concrete*). Aspal beton merupakan campuran yang terdiri dari aspal keras sebagai bahan pengikat dan agregat kasar, agregat halus, dan pengisi (*Filler*), dengan cara pencampuran dan pematatannya dalam kondisi panas (*Surface Course*), dan lapisan perata (*Levelling*) serta pengikat/antara (Hardiyatmo et al, 2015). Aspal akan meningkatkan sifat tahan terhadap panasnya karena tercampur dengan *filler* (Dormon, 1953). Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*), untuk semen harus dalam rentang 1% sampai dengan 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1 % sampai dengan 3% terhadap berat total agregat (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2).

Salah satu bahan pengisi yang digunakan dalam campuran aspal adalah *filler*. *Filler* adalah campuran bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Jenis bahan pengisi *filler* yang dapat digunakan adalah abu batu. Bahan pengisi ini bertujuan untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen aspal dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Bahan pengisi (*filler*) pada campuran beraspal sangat mempengaruhi sifat campuran aspal tersebut, disamping itu *filler* juga berfungsi sebagai media untuk mengisi rongga dalam campuran beraspal agar

memenuhi *void* yang diinginkan. Salah satu bahan yang dapat dijadikan abu batu sebagai bahan pengisi (*filler*) adalah Serbuk Batu Kapur.

Batu kapur merupakan bahan alami yang banyak tersedia di Indonesia. Salah satu daerah tersebut berada di Lappa-lappae, Kec.Suppa, Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan, yang merupakan salah satu potensi sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, termasuk sebagai bahan baku pembuatan kapur bangunan, kapur pertanian, dan *filler* dalam campuran aspal beton. Batu kapur di Lappa-lappae memiliki beberapa karakteristik yang menguntungkan, yaitu; Kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) yang tinggi, kandungan zat pengotor yang rendah, tekstur yang halus dan mudah diolah.

Batu kapur memiliki beberapa sifat yang menguntungkan untuk digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal beton, yaitu: Kemudahan diperoleh, harga yang relatif murah, ketersediaan yang cukup, sifat fisik dan kimia yang baik. Mengingat perilaku Batu kapur jika dalam keadaan halus dan adanya air pada suhu biasa akan membentuk persenyawaan yang mempunyai sifat semen.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis tertarik untuk meneliti batu kapur yang ada di Lappa-lappae, Kabupaten Pinrang sebagai pengganti *Filler* dengan judul “PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK BATU KAPUR SEBAGAI SUBSTITUSI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE/AC-WC) TERHADAP NILAI UJI MARSHALL” dengan menggunakan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6% dan variasi kadar Filler 0%, 1%, 1,5%.

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh serbuk batu kapur sebagai bahan pengisi campuran perkerasan jalan laston AC-WC?
2. Berapakah nilai variasi kadar aspal optimum (KAO) dan nilai *Marshall* pada perkerasan AC-WC?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh serbuk batu kapur (*Limestone*) sebagai bahan pengganti *Filler* pada campuran AC-WC.
2. Untuk mengetahui nilai variasi optimum yang menghasilkan nilai parameter *Marshall* yang maksimal pada perkerasan AC-WC.

D. Batasan Masalah

Agar penulisan ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuan, maka diperlukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut :

1. Pengujian dilakukan di Laboratorium Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare dengan melakukan penelitian *Marshall test* .
2. Standar yang digunakan didasarkan pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2).

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang dilakukan penulis yaitu :

1. Memberikan referensi bahan alternatif yang dapat digunakan pada lapisan aspal beton (laston) AC-WC.
2. Merekomendasikan serbuk batu kapur sebagai bahan alternatif perkerasan jalan.
3. Diharapkan dapat menaikkan nilai ekonomis dari serbuk batu kapur (*Limestone*) itu sendiri dimana tidak hanya untuk bahan dasar pembuatan semen namun juga dapat digunakan untuk bahan pengganti *Filler* pada campuran aspal khususnya aspal beton AC-WC.
4. Memberikan referensi bagi penelitian berikutnya yang akan melakukan penelitian pengembangan jalan menggunakan serbuk batu kapur.

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan diatur dalam pedoman penulisan skripsi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN.

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

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori-teori pendukung, teknik-teknik statistika.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang langkah-langkah dalam pemecahan masalah yang digunakan dalam penelitian serta menulis mengenai jenis data yang dibutuhkan dan bagaimana mendapatkannya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil yang telah dicapai dari hasil pengujian lab.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran keseluruhan penulis berdasarkan dari hasil analisa

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)

AC-WC adalah lapisan aspal beton (laston) yang berperan sebagai lapis aus pada struktur perkerasan jalan ketebalan minimum adalah 4 cm (Akbar, 2012). Lapisan AC-WC merupakan lapisan yang kedap air, tahan cuaca dan mempunyai kekesatan lapisan tersebut menyerap beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapisan di bawahnya berupa beban kendaraan (gaya vertikal), rem (gaya horizontal) dan getaran roda kendaraan (Mashuri dkk, 2013). Karena sifat distribusi beban-beban yang diterima oleh setiap lapisan berbeda dan semakin berkurang lapisan ini disebut lapisan permukaan karena lapisan ini harus mampu menerima segala macam beban yang bekerja. Oleh karena itu, lapisan permukaan memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Lapisan perkerasan yang menopang beban roda harus memiliki stabilitas yang tinggi untuk menahan tekanan roda selama masa pelayanannya.
- b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak menembus lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
- c. Lapis aus, yaitu lapisan yang secara langsung menerima gesekan akibat gaya pengereman kendaraan sehingga rentan menjadi aus.
- d. Lapisan yang mendistribusikan beban ke lapisan yang lebih bawah untuk mendukung lapisan lain.

Untuk mencapai fungsi diatas, lapisan permukaan biasanya terbuat dari material dan pengikat yang menciptakan lapisan anti air dengan stabilitas yang tinggi. Ketentuan campuran AC-WC dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Sifat-Sifat Campuran AC-WC (Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 revisi 2)

Sifat-Sifat Campuran	Laston			
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan perbidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	65	65
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2		

2. Material Penyusun Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)

Pada dasarnya bahan penyusun perkerasan lentur adalah agregat, aspal dan bahan pengisi (*filler*) bahan-bahan tersebut harus memenuhi kriteria standar yang ditentukan. Hal ini untuk menghindari kesalahan konstruksi yang disebabkan oleh bahan penyusun perkerasan, persyaratan material penyusun AC-WC dapat dilihat pada uraian berikut.

a. Agregat

Agregat merupakan bentukan kerak yang keras dan padat dari formasi kulit bumi, ASTM mendefinisikan agregat sebagai bahan yang terdiri dari mineral padat dalam bentuk massa yang besar atau fragmen. Agregat merupakan komponen utama struktur perkerasan jalan, dengan persentase berat 90-95% atau persentase volume 75-85% sifat agregat dan hasil pencampuran agregat dengan bahan lain dapat digunakan untuk menentukan kualitas perkerasan jalan (Sukirman, 2006).

1) Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Berat jenis kering *bulk specific gravity* adalah perbandingan antara benda agregat kering dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada saat tertentu. Berat isi permukaan (kering SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dengan berat isi suling yang beratnya sama dengan berat agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Penyerapan adalah presentase berat air yang diserap pori-pori terhadap agregat kering, besar penyerapan ini tergantung porositas yaitu berupa berupa volume pori-pori yang dapat menyerap air.

$$\text{Berat jenis kering} = \frac{D}{B-C} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{B}{B-C} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{D}{D-C} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{D}{D-C} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

B = berat benda uji SSD (gr)

C = berat benda uji dalam air (gr)

D = berat benda uji kering oven (gr)

2) Analisa Saringan Agregat Kasar

Analisa saringan adalah suatu analisis untuk mengetahui distribusi ukuran agregat kasaukuran agregat kasar dengan menggunakan ukuran-ukuran saringan standar tertentu yang ditunjukkan dengan lubang saringan (mm) dan untuk mengetahui kecocokannya untuk produksi. Selain itu juga untuk persentase agregat kasar dalam campuran. Adapun modulus yang diisyaratkan untuk agregat kasar yaitu 5,5 - 8,5.

3) Pengujian Abrasi

Keausan adalah perbandingan antara berat bahan aus dengan lewat saringan No. 12 terhadap berat semula dalam persen. Dalam pengujian keausan agregat menggunakan mesin *Los Angeles*. Mesin ini terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm Panjang dalam 50 cm. Silinder tertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk memasukkan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Dibagian dalam sekunder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm.

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

A = berat benda uji semula (gr)

B = berat benda uji setelah abrasi (gr)

4) Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Berat jenis kering adalah perbandingan antara berat kering dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Berat jenis permukaan (kering SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dengan berat airnya yang beratnya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Berat jenis semu yaitu perbandingan antara berat agregat kering oven dengan berat air yang dikandung oleh agregat halus dalam keadaan JPK pada suhu tertentu. Penyerapan adalah presentase berat air yang diserap pori-pori terhadap berat agregat kering.

$$\text{Berat jenis kering} = \frac{E}{(B+D-C)} \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan (SSD)} = \frac{B}{(D+B-C)} \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{E}{(E+D+C)} \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{Daya serap air} = \frac{B-E}{E} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

B = Berat benda uji SSD (JPK) (gr)

C = Berat benda uji + piknometer + air (gr)

D = Berat piknometer + air (gr)

E = Berat benda uji kering oven (gr)s

5) Analisa Saringan Agregat Halus

Analisa saringan adalah suatu analisis untuk mengetahui distribusi ukuran agregat halus, dengan menggunakan ukuran-ukuran saringan standar tertentu yang ditunjukkan dengan lubang saringan (mm). dengan ini dapat pula menilai apakah agregat halus yang akan digunakan tersebut cocok untuk produksi aspal.

Agregat diklasifikasikan menurut ukuran butirnya, yang meliputi agregat kasar (agregat tertahan pada saringan No. 4), agregat halus (agregat lolos saringan No. 4 dan tertahan saringan No. 200) dan bahan pengisi atau filler (agregat lolos saringan No. 200). Ketentuan dalam penggunaan agregat dapat dilihat pada tabel 2.2, 2.3 dan 2.4.

Tabel 2. 2 Ketentuan Bahan Pengisi (*Filler*) (Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 revisi 2)

Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	SNI ASTM C136:2012	≤75%

Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Halus (Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 revisi 2)

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasatan	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%

Tabel 2. 4 Ketentuan Agregat Kasar (Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 revisi 2)

Pengujian			Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12 %
	magnesium sulfat			Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6 %
		500 putaran		Maks. 30 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8 %
		500 putaran		Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2539:2011	Min. 95%
Butir pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90 *)	
	Lainnya		95/90 **)	
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	SNI 8287:2016 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5%	
	Lainnya		Maks. 10%	
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 bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih

b. Aspal

Aspal adalah suatu material berwarna coklat tua atau hitam yang berbentuk padat, ketika dipanaskan sampai suhu tertentu aspal dapat mencair atau lunak sehingga dapat saling mengunci partikel agregat saat membuat aspal beton. Aspal pada perkerasan jalan berfungsi sebagai pengikat antar butir agregat agar terbentuk material padat yang dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan campuran untuk mendukung beban kendaraan.

Tabel 2.5 Spesifikasi untuk Aspal Keras (Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 revisi 2)

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456 : 2011	60-70
2	Viskositas kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	≥300
3	Titik lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥48
4	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥100
5	Titik nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥232
6	Berat jenis	SNI 2441:2011	≥1,0
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI 07-2440-1991)			
7	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤0,8
8	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456-2011	≥54
9	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥50

Menurut Sukirman (1999), aspal pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai berikut:

- 1) Bahan pengikat yang membentuk ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal dengan bahan pengikat itu sendiri.
- 2) Bahan pengisi, yaitu mengisi rongga-rongga antara butiran agregat dan pori-pori yang ada pada agregat itu sendiri.

c. Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler adalah bagian agregat yang digunakan dalam campuran aspal beton. Pengertian *filler* itu sendiri yaitu fraksi agregat halus yang berfungsi sebagai butir pengisi dalam pembuatan aspal beton yang lolos saringan no. 200 (0,074 mm). *Filler* ini sendiri bisa berupa debu batu, debu dolomit, atau bahan lain yang dapat memenuhi syarat-syaratnya, dan harus dalam keadaan kering (kadar air maximum 1%).

Penambahan *filler* pada perkerasan lentur dapat mengakibatkan perkerasan tersebut berkurangnya kadar pori. Partikel *filler* menempati rongga antar partikel-partikel

yang lebih besar, sehingga ruang antar partikelnya menjadi berkurang. Jumlah *filler* dalam campuran aspal beton harus sesuai kadarnya, kalau kebanyakan pengisi campuran akan sangat kaku dan mudah retak, sebaliknya kalau kekurangan bahan pengisi campuran bisa menjadi sangat fleksibel dan mudah berubah bentuk oleh roda kendaraan mengakibatkan jalan bergelombang.

3. Batu Kapur (*Limestone*)

Kapur adalah salah satu bahan bangunan yang mudah didapatkan khususnya daerah yang memiliki tanah dan pegunungan kapur yang ada di Indonesia. Batu kapur merupakan salah satu *filler* dapat meningkatkan sifat fisik pada campuran aspal, terutama pada lapisan aspal beton yang kurang baik dalam menggunakan campuran beraspal. Berdasarkan pada pentingnya kualitas bahan yang digunakan dalam lapisan aspal beton. (Pertiwi, Yusti A. 2012).

Menurut jumikis (1983), Batu kapur merupakan batuan sedimen yang merupakan batuan karbonat berlapis dan sebagian besar terdiri dari Kalsium Karbonat (CaCO_3). warna batu kapur bervariasi mulai dari warna abu-abu dan hitam. kebanyakan batu kapur memiliki tekstur klastik, tetapi tekstur kristal umum. Batuan karbonat, dolomit dan batu kapur merupakan 22% dari batuan sedimen yang tersingkap di atas permukaan laut.

Batu kapur juga memiliki komposisi berupa Kalsium Karbonat (CaCO_3) sekitar 50%, dan berupa Kalsium Oksida (CaO), Magnesium Oksida (MgO), Silikat (SiO_2), Aluminium Oksida (Al_2O_3), dan Ferrioksida (Fe_2O_3). Kandungan Silikat juga memiliki sifat merekatkan, mengeras dengan cepat sehingga memberi

kekuatan pengikat. Beberapa jenis batu kapur banyak digunakan karena sifat pada batu kapur yang kuat dan padat dengan sejumlah ruang/pori.

Kapur dapat diperoleh dari pembakaran batu kapur, karang laut, dan kulit kerang. Kapur memiliki sifat sebagai bahan pengikat yaitu: sifat plastis baik (tidak getas), cepat mengeras, workability baik, dan mempunyai daya ikat baik untuk batu dan bata (Tjokrodinuljo,1992). Bahan dasar kapur terdiri dari batu kapur atau dolomit, yang mengandung senyawa Kalsium Karbonat.

4. Pemeriksaan *Marshall*

Pemeriksaan *Marshall* pada perkerasan jalan meliputi pengukuran ketahanan (stabilitas) dan kelelahan (*flow*) dari suatu campuran aspal.

- a. Ketahanan (stabilitas) merupakan suatu kemampuan campuran aspal dalam menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram.
- b. Kelelahan (*flow*) merupakan suatu keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal akibat diberi suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan mm.

Pemeriksaan Marshall bertujuan untuk mendapatkan suatu campuran aspal yang memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan di dalam kriteria perencanaan perkerasan jalan.

5. Parameter *Marshall*

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 revisi 2, parameter *Marshall* yang ditinjau pada penelitian ini yaitu :

a. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan campuran aspal menerima beban tanpa terjadi perubahan bentuk. Pada campuran aspal AC-WC memiliki standar nilai stabilitas yaitu 800 kg.

b. Kelelehan

Kelelehan merupakan perubahan bentuk campuran aspal setelah mengalami pembebanan. Pada campuran aspal AC-WC memiliki standar nilai kelelehan (flow) yaitu minimum 2 mm dan maksimum 4 mm.

c. Rongga dalam Campuran (VIM)

VIM (*Void in Mix*) yaitu rongga yang terletak diantara agregat didalam campuran yang telah dipadatkan. VIM dinyatakan dalam (%) terhadap volume total campuran. Campuran Aspal Beton ACWC memiliki persyaratan untuk nilai VIM minimum yaitu 3 % dan maksimum 5%.

d. Rongga antar Mineral Agregat (VMA)

VMA (*Void in Mineral Aggregate*) merupakan rongga yang terletak diantara agregat didalam campuran yang telah dipadatkan dalam satuan persen (%) terhadap total volume campuran. Pada campuran aspal AC-WC memiliki standar nilai VMA yaitu minimum 15%.

e. Rongga Terisi Aspal (VFA atau VFB)

VFA (*Void Filled with Asphalt*) atau VFB (*Void Filled with Bitumen*) merupakan rongga yang dapat diselimuti atau terisi aspal dalam campuran yang telah dipadatkan dalam satuan persen (%) terhadap total volume campuran. Pada aspal AC-WC memiliki standar nilai VFA yaitu minimum 65%.

f. *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient (MQ) merupakan perbandingan stabilitas terhadap kelelahan dalam satuan Kg/mm. Pada campuran aspal AC-WC memiliki standar nilai MQ 250 Kg/mm.

B. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

1. R. Gunawan, Anisa Windy Fatikha Sari (2021) penelitian ini dengan topik “Pengaruh Penggunaan Batu Gamping Desa Tabarenah Sebagai Filler Pada Campuran Aspal AC-BC (Asphalt Concrete Binder Course)” dengan hasil pengujian kadar aspal optimum diperoleh kadar aspal optimum 5.5%, stabilitas 1270 kg, Marshall Quotient (MQ) 320 kg/mm, VMA 22,00%, VIM 4,50 %, Flow 3,90 mm, VFB 93,00%%, Kepadatan 2,270 t/m³ , Hasil ini memenuhi persyaratan yang disyaratkan sehingga dapat dijadikan acuan dalam pembuatan job mix formula sebagai pelaksana/aplikasi dilapangan.
2. Lucky Budiman, Silvia Sukirman (2018) penelitian ini dengan topik “Studi Penggunaan Batu Kapur Kalipucang sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Beton Aspal Jenis AC-BC” tujuan penelitian ini antara lain untuk mengetahui karakteristik batu kapur dan penggunaan batu kapur Kalipucang sebagai substitusi agregat halus dari campuran beton aspal jenis AC-BC, dengan penambahan batu kapur sebanyak 50% dari dari agregat halus. Berdasarkan hasil analisis data pengujian didapatkan nilai stabilitas dari beton aspal substitusi batu batu kapur lebih tinggi dibandingkan dengan campuran beton aspal tanpa batu kapur, yaitu 1.800 kg untuk campuran substitusi batu kapur dan 1.600 kg untuk campuran tanpa batu kapur. Sifat volumetrik beton

aspal dari kedua campuran yaitu VMA, VMI, dan VFA memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

3. Muhammad Yacob, Wesli (2017) dengan judul penelitian “Pengaruh Kadar Filler Abu Batu Kapur Dan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton AC-BC” Penelitian ini untuk melihat pengaruh kadar filler abu batu kapur (ABK) dan abu tempurung kelapa (ATK) pada perkerasan jalan AC-BC dengan metode Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 yang ditinjau dari karakteristik Marshall, dengan membandingkan perilaku campuran AC-BC yang menggunakan filler ABK dan ATK dengan campuran normal. Pada penelitian ini KAO yang didapatkan sebesar 6% dan untuk benda uji dengan filler ABK dan ATK dengan variasi 100:0; 0:100; 25:75; 50:50 dan 75:25. Hasil pengujian perbandingan nilai stabilitas menunjukkan nilai stabilitas yang didapat dari penggunaan filler ABK dan ATK dengan metode spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 meningkat dibandingkan dengan tanpa adanya penggunaan filler ABK dan ATK yaitu nilai stabilitasnya sebesar 1562,95 kg, sedangkan campuran normal sebesar 1430,19 kg. Untuk nilai density, VFA, stabilitas, dan flow mengalami peningkatan pada semua variasi, sedangkan nilai VMA, VITM, dan MQ mengalami penurunan dan masih dalam spesifikasi yang disyaratkan, selanjutnya untuk nilai durabilitas adalah 80,3%, nilai tersebut belum memenuhi nilai yang disyaratkan. Pada penelitian ini hanya pada variasi filler 25% ABK dan 75% ATK yang menunjukan seluruh nilai parameter Marshall telah memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi, hal ini menunjukkan

bahwa ada pengaruh durabilitas dalam variasi campuran filler pada aspal beton AC-BC.

4. Isnaini Zulkarnain, Muhammad Hidayat (2023) meneliti tentang “Pengaruh Penggunaan Kapur Sebagai Penambahan Filler Pada Campuran Aspal AC-BC”. Penggunaan kapur sebagai penambahan filler 10% merupakan upaya yang dilakukan dalam menemukan bahan Alternatif sebagai penambahan filler dengan campuran variasi kadar aspal yaitu 4%,4,5%,5%,5,5%,6%, bertujuan untuk mencari nilai KAO yang dihasilkan melalui kadar aspal yang digunakan dengan klasifikasi Bina Marga 2018 Revisi 1. Hasil yang didapatkan bahwa nilai Stabilitas dan Flow dan parameter pengujian marshall lainnya seperti VMA, VFWA dan VITM. Nilai yang di peroleh pada kadar aspal 6% memenuhi semua klasifikasi yang ditetapkan Bina Marga 2018 Revisi 1 dengan nilai stabilitas 3144,97 kg, nilai flow 3,060 mm, nilai MQ 1104,819 kg/mm, dan nilai VITM mencapai 4,366%, VMA dengan nilai 16,820% dan nilai VFWA dengan nilai 74,788%. Dengan nilai yang diperoleh melalui pengujian dan perhitungan maka diketahui bahwa penggunaan filler kapur 10% pada pembuatan aspal beton (laston) AC-BC.
5. Mufidah Rahmawati, Nurani Hartatik, Aditya Rizkiardi, Yudi D. Prasetyo (2023) dengan judul “Pemanfaatan Limbah Batu Kapur Bukit Sekapuk Gresik Sebagai Filler Campuran Ac-Bc”. Tujuan dari pemanfaatan filler batu kapur pada penelitian ini adalah bagaimana upaya mengatasi keterbatasan bahan kontruksi. Pengujian Analisa saringan Filler batu kapur diperoleh nilai sebesar 84,06 %. Pengujian Berat jenis diperoleh nilai sebesar 2,611. Ditinjau dari nilai

flow pada kadar aspal 4,5%, 5,1%, 5,6%, 6,1%, dan 6,6% dengan nilai 3,80 mm, 3,97 mm, 3,60 mm, 4,03 mm, dan 4,07 mm. Ditinjau dari nilai stabilitas pada kadar aspal 4,5%, 5,1%, 5,6%, 6,1%, dan 6,6% dengan nilai 968,6 kg, 1144,6 kg, 1010,9 kg, 1027,6 kg dan 991,2 kg. Dari hasil penelitian batu kapur ini menunjukkan bahwa penggunaan batu kapur yang ada di Sekapuk Gresik sebagai pengganti Filler dalam campuran AC-BC memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan sehingga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif pengganti filler untuk bahan perkerasan jalan raya.

6. Budi Winarno, Ki Catur Budi, Sumargono, Agata Iwan Candra, Saiful Muslimin, Sudjati (2020) Penelitian ini menggunakan abu batu sebagai filler yang telah dihancurkan. Metode yang digunakan adalah eksperimen pada penambahan limbah benda uji beton dengan presentase normal, 30%, 50%, 70% dan 100%. Metode marshall yang menjadi dasar perhitungan nilai stabilitas dan flow Pada uji marshall menghasilkan pengujian karakteristik dari tabel tersebut mempunyai nilai rata-rata dari hasil penelitian campuran aspal beton menggunakan abu batu sebagai filler dengan 5 sampel pada metode marshall menunjukan hasil, bahwa semua hasil memenuhi persyaratan bina marga pada nilai VMA 18,22 %, nilai VIM 4,22%, nilai VFB 75,04 %, nilai STABILITAS 4806 kg, nilai FLOW 3,24 mm, dan nilai Marshall Quotient (MQ) 14958,1 kg/mm.
7. Said Jalalul Akbar, Wesli, Lis Ayu Widari, Khairil Munawir (2019) penelitian ini dengan topik “Penggunaan Abu Batu Karang Sebagai Filler Dan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus Terhadap Parameter Marshall Pada Campuran Aspal

AB-BC” Penelitian ini membahas mengenai pengaruh penggantian filler dan agregat halus pada perkerasan jalan aspal beton AC-BC. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan Abu batu karang sebagai Filler dan pasir besi sebagai agregat halus terhadap karakteristik Marshall pada campuran Aspal AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course) menggunakan metode Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3. Dari hasil pengujian diperoleh kadar aspal optimum adalah sebesar 6,2%. Variasi benda uji yang digunakan terhadap abu batu karang dan pasir besi adalah 25%, 50%, 75% dan 100%. Hasil pengujian di laboratorium memperlihatkan bentuk grafik yang naik turun. Peningkatan nilai stabilitas didapat pada variasi penambahan 25%, 50%, 75%, dan mengalami penurunan pada variasi penambahan 100% pasir besi dan abu batu karang. Sedangkan nilai Density meningkat pada variasi 100%. VMA, VIM dan Flow menurun pada variasi 50% dan 100%. Sedangkan VFA, MQ terjadi peningkatan yang tidak terlalu signifikan pada variasi 100%, maka dapat disimpulkan bahwa variasi penambahan abu batu karang dan pasir besi sebagai pengganti filler dan pengganti agregat halus memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2010 Revisi 3, sehingga layak untuk digunakan pada campuran aspal (AC-BC).

8. M.D.I.Budianto, Z.Lubis (2020) dengan judul penelitian “Alternatif Penggunaan Agregat Halus Batu Kapur Mantup Dalam Campuran Aspal Panas AC-WC” penelitian ini adalah Penambahan variasi campuran batu kapur halus sebesar 25%, 50%, 75% dari berate agregat halus pada penelitian ini menunjukkan kenaikan nilai stabilitas Marshall (Marshall Stability)

tertinggi sebesar 33,07% pada campuran 75%, kelelahan plastis (Flow) tertinggi sebesar 3,57% pada campuran 50%, rongga dalam campuran (Void in the Mix) yang masuk dalam spesifikasi angka tertinggi sebesar 7,49% pada campuran 0%, rongga terisi aspal (Void Filled With Asphalt) kenaikan tertinggi sebesar 85,22% pada campuran 75%, rongga dalam agregat (Void In Mineral Aggregate) menurun sebesar 16,11% pada campuran 75%, serta Marshall Quotient meningkat sebesar 29,63% pada campuran 75%.

9. Putra, Marco Tri Laksana (2021) menganalisis penggunaan filler kapur dengan kadar aspal yang sama yaitu 6,2% kadar aspal, nilai Stabilitas dan Flow dengan persentase filler 0%, 1%, 1,5% dan 2% mengalami penurunan tetapi tetap masuk dalam Spesifikasi Bina Marga 2018 dan tidak memiliki nilai Optimum. Semakin banyak nilai persentase kadar kapur, maka nilai Stabilitas dan Flow akan menurun. Nilai tertinggi pada nilai Stabilitas yaitu pada persentase 1% sebesar 4699,33 kg, dan nilai tertinggi pada nilai Flow yaitu pada persentase 1% filler sebesar 2,70 mm.
10. Albayati A.H.K dan Mohammed A.H (2016) dalam penelitian ini, kapur terhidrasi dimasukkan ke dalam campuran aspal beton tingkat keausan menjadi dua metode. Yang pertama adalah penambahan kapur kering pada agregat kering dan yang kedua adalah penambahan kapur kering pada permukaan jenuh agregat kering yang dibasahi dengan 2,0 hingga 3,0 persen air. Untuk setiap jenis Selain itu, terdapat lima persentase kapur yang berbeda sebagai pengganti sebagian pengisi batu kapur yaitu; 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, dan 3 persen berat agregat selain campuran kontrol yang melakukan tidak mengandung.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang menggunakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya disertai dengan gambar, tabel, grafik, atau tampilan lainnya. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian di laboratorium. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental.

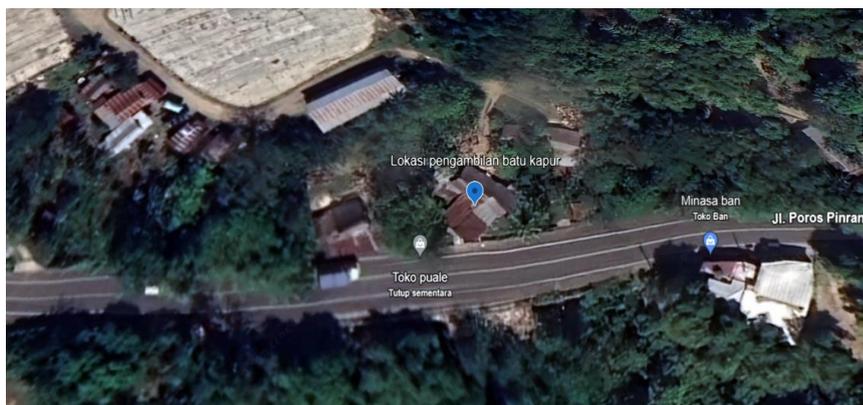
B. Lokasi Dan Waktu

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Aspal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang kota parepare.

2. Lokasi Pengambilan Batu Kapur

Pengambilan batu kapur dari lokasi pabrik kapur di Lappa-lappae, Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan. Berada pada titik koordinat 3°57'52"S 119°37'49"E.



Gambar 3. 1 Lokasi Pengambilan Serbuk Batu Kapur (Sumber: Google Earth 2024)

3. Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian ini akan dilaksanakan berdasarkan penjabaran kegiatan yang diuraikan pada tabel berikut:

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	2023		2024	
		Nov	Des	Jan	Feb
1	Tahap Persiapan Penelitian				
	a. Studi Literatur				
	b. Pengajuan Judul dan Penyusunan Proposal				
2	Tahap Pelaksanaan Kegiatan				
	Pengumpulan Data				
	1) Data Sekunder				
	2) Data Primer				
3	Tahap Pengolahan Data				
	Nilai Parameter <i>Marshall</i> (stabilitas, flow, VMA, VIM, VFA dan MQ)				

C. Metodologi Penelitian

1. Pengumpulan data

Untuk memperoleh data sebagai bahan utama dalam penelitian ini, maka digunakan dua metode pengumpulan data sebagai berikut :

- a. Studi pustaka, untuk memperoleh data sekunder dengan membaca sejumlah buku, artikel-artikel sebagai landasan teori dalam menuju kesempurnaan penelitian ini.
- b. Pemeriksaan sampel dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data primer yang akan di gunakan dalam menganalisa hasil dari penelitian yang dilaksanakan.

2. Pengambilan sampel

Adapun bahan / material yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Material agregat kasar dan halus diambil dari Gunung yang berada di Desa Alitta, Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan.
- b. Aspal yang digunakan diambil dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare.
- c. *Filler* yang digunakan diambil di Lappa-lappae, Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan.

D. Alat dan Bahan

1. Alat

Penelitian ini menggunakan alat-alat yang tersedia di Laboratorium Aspal Prodi Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare. Alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Alat pemeriksaan agregat
 - 1) Satu set alat uji saringan (*sieve*) standar ASTM

Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain mesin Los Angeles (tes abrasi), saringan standar (yang terdiri dari ukuran $\frac{3}{4}$ " , $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{8}$ " , #4, #8, #16, #30, #50 dan #200).

2) Satu set mesin getar untuk saringan (*Sieve Shacker*)

Merupakan alat yang digunakan untuk menggetarkan alat saringan agar hasil gradasi terbagi rata sesuai dengan no saringan.

3) Satu set alat Pengujian Viskositas

Merupakan alat yang digunakan untuk mengendapkan material yang akan dicari berat jenisnya.

4) Oven dan pengatur suhu

Merupakan alat yang digunakan untuk mengeringkan benda uji dalam suhu tertentu untuk mendapatkan data yang dibutuhkan.

5) Timbangan

6) Termometer

b. Alat pembuat briket campuran aspal hangat, terdiri dari:

1) Satu set cetakan (*mold*) berbentuk silinder dengan diameter 101,45 mm, tinggi 80 mm lengkap dengan plat atas dan leher sambung.

2) Alat penumbuk (*compactor*) yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg (10 lbs), tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18").

3) Satu Set Alat Pengangkat Briket (Dongkrak Hidrolis) yang digunakan untuk mengeluarkan benda uji didalam *Mold*.

- 4) Satu Set *Water Bath* yang digunakan untuk merendam benda uji didalam suhu 60°C selama 30 menit.
- c. Satu set alat uji *Marshall*, terdiri dari :
- 1) Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*Breaking Head*).
 - 2) Cincin penguji berkapasitas 1475 kg dengan arloji tekan.
 - 3) Arloji penunjuk kelelahan.
 - 4) Alat Penunjang
Panci, kompor, sendok, spatula, sarung tangan, kunci pas, obeng, roll kabel, wajan.

2. **Bahan**

Penelitian ini menggunakan bahan yang terdiri dari:

- a. Aspal Penetrasi 60/70
Aspal adalah material yang berwarna coklat gelap sampai hitam yang berfungsi sebagai bahan pengikat.
- b. Agregat kasar dan halus
Agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan no. 4 (4,75 mm).
Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 4 (4,75 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,075 mm).
- c. Bahan pengisi (*Filler*)
Filler adalah agregat yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm) yang berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga dalam campuran aspal.

E. Analisis Data

1. Pengujian Agregat

- a. Pengujian Analisa Saringan (SNI 03-1968-1990).
- b. Pengujian Material Lolos Ayakan No. 200 (SNI 03-4142-1996)
- c. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat (SNI 03-1969-1990 dan SNI 03-1970-1990)
- d. Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angeles (SNI 2417:2008)
- e. Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (SNI 2439:2011)

2. Pengujian Aspal

a. Penetrasi

Pengujian dilakukan berdasarkan SNI. 2432-2011 yang dimaksudkan menetapkan nilai kekerasan aspal dapat dikategorikan beberapa Tingkat kekerasan.

b. Titik Lembek

Prosedur pengujian ini berdasarkan SNI. 2434-2011, konsistensi bitumen ditunjukkan oleh temperature Dimana aspal berubah bentuk karena berubah perubahan tegangan. Hasilnya digunakan untuk menentukan temperature kelelahan dari aspal tersebut.

c. Daktilitas

Daktilitas ditunjukkan oleh panjangnya benang aspal yang ditarik hingga putus. Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI. 2433-2011. Tujuannya untuk menunjukkan sifat kohesi dalam aspal itu sendiri.

d. Titik Nyala

Penentuan titik nyala dilakukan berdasarkan SNI. 2433-2011 bertujuan untuk memastikan bahwa aspal cukup aman untuk pelaksanaan. Ini perlu diperhatikan untuk maksimum pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar.

e. Berat Jenis

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI. 2441-2011 bertujuan untuk menentukan nilai berat jenis bitumen.

3. Mix Desain

Perencanaan campuran aspal (*mix desain*) bertujuan untuk mendapatkan promosi bahan penyusun sesuai kualitas serta kehematan aspal yang merupakan bahan yang mahal dan penggunaan aspal yang kuat.

F. Tahap Dalam Merencanakan Campuran

1. Menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb) sebagai berikut:

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta} \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan:

Pb : kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap campuran

CA : persen agregat lolos saringan No. 8 tertahan saringan No. 200 (0,075)

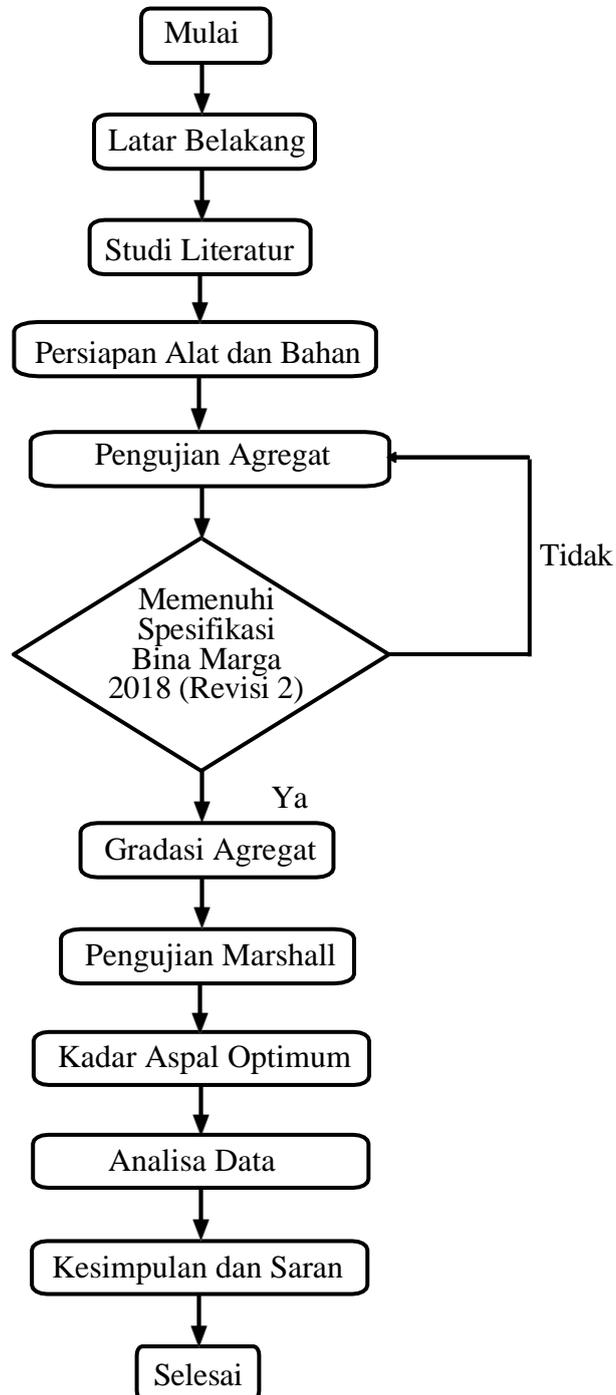
FF : persen agregat 1% lolos saringan No. 200 (0,075 mm)

K : Nilai konstanta kira-kira 0,5-1,0 untuk laston.

2. Nilai Pb= 5,4945% dibulatkan menjadi 5,5%
3. Setelah didapatkan nilai kadar aspal, selanjutnya berat jenis maksimum didapat dengan mengambil dari data percobaan berat jenis agregat kasar dan halus.

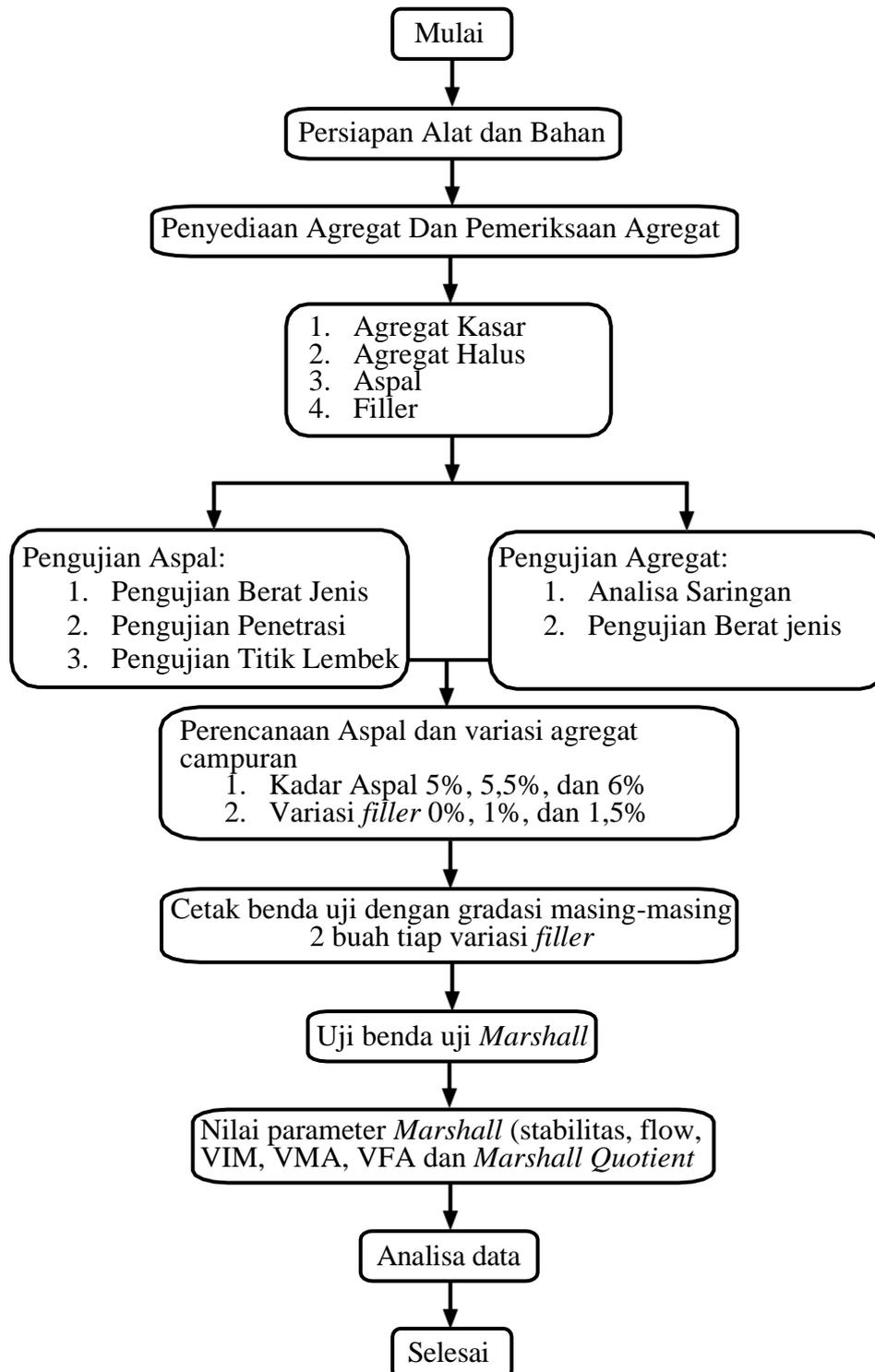
4. Jika semua data didapatkan, yang dilakukan berikutnya adalah menghitung berat sampel berat aspal, berat agregat, dan menghitung kebutuhan agregat tiap sampel berdasarkan persentase tertahan.
5. Mencampur agregat dengan aspal pada suhu optimum 145°C.
6. Melakukan pemadatan dengan 2x75 tumbukan dengan suhu 175°C.
7. Mendiamkan benda uji terlebih dahulu agar mengerasa sebelum dikeluarkan dari cetakan.
8. Ditimbang untuk mendapatkan berat jenuh (SSD).
9. Setelah itu perendaman air selama 30 menit dan 24 jam pada suhu normal.
10. Selanjutnya ditimbang di air, lalu dikeringkan untuk perendaman di *Water Bath* dengan suhu 60°C, masing-masing variasi.
11. Melakukan uji *marshall* untuk mendapatkan nilai kelelahan (*flow*) dan stabilitas.
12. Gambarkan hubungan antara kadar aspal, batu kapur dan parameter *marshall*, yaitu:
 - a. Kadar aspal/kapur dengan stabilitas
 - b. Kadar aspal/kapur dengan kelelahan (*flow*)
 - c. Kadar aspal/kapur dengan VIM
 - d. Kadar aspal/kapur dengan VMA
 - e. Kadar aspal/kapur dengan VFA
 - f. Kadar aspal/kapur dengan MQ
13. Selanjutnya melakukan perendaman *marshall* untuk mengetahui campuran kadar aspal optimum (KAO).

G. Bagan Alir Penelitian



Tabel 3. 2 Diagram Alir Penelitian.

H. Bagan Alir Penelitian Laboratorium



Tabel 3. 3 Diagram Alir Penelitian Laboratorium

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisik Agregat

1. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat

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

a. Berat jenis agregat kasar 1-2

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

Tabel 4. 1 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar 1-2 (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024).

No.	Perhitungan	Hasil pemeriksaan	Spek	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2.54	Min 2.5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2.60			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2.69			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	2.13	Maks. 3	%	Memenuhi

Adapun dari pengujian berat jenis agregat kasar 1-2 diatas didapat berat jenis bulk 2,54 gr, berat jenis kering permukaan 2,60 gr, berat jenis semu 2.69 gr, dan penyerapan 2.13%. Jadi dari hasil analisis berat jenis agregat kasar 1-2 telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu berat jenis minimum 2,5 gr dan penyerapan air maksimal 3%.

b. Berat jenis agregat kasar 0.5-1

Hasil pengujian terhadap agregat kasar 0.5-1 berdasarkan Spesifikasi Umum

Bina Marga 2018 Revisi 2 dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 2 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar 0.5-1 (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024).

No.	Perhitungan	Hasil pemeriksaan	Spek	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2.78	Min 2.5	Gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2.82			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2.91			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	1.61	Maks. 3	%	Memenuhi

Adapun dari pengujian berat jenis agregat kasar 0.5-1 diatas didapat berat jenis bulk 2,78 gr, berat jenis kering permukaan 2,82 gr, berat jenis semu 2.91 gr, dan penyerapan 1.61%. Jadi dari hasil analisis berat jenis agregat kasar 0.5-1 telah memenuhi spesifikasi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 berat jenis minimum 2,5 gr dan penyerapan air maksimal 3%.

c. Berat jenis agregat halus (abu batu)

Hasil pengujian terhadap agregat halus berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Berat jenis dan penyerapan agregat halus (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024).

No.	Perhitungan	Hasil pemeriksaan	Spek	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2.53	Min 2.5	Gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2.55			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2.59			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	0.92	Maks. 3	%	Memenuhi

Dari pengujian berat jenis agregat halus (abu batu) diatas didapat nilai berat jenis bulk 2,53 gr, berat jenis kering permukaan 2,55 gr, berat jenis semu 2,59 gr, dan penyerapan 0,92%. Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 berat jenis yaitu minimum 2,5 dan penyerapan air maksimal 3% maka agregat dalam pengujian ini telah memenuhi.

2. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar (Abrasi)

Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar (Abrasi) 500 Putaran (Sumber: Pengujian Laboratorium 2024).

Saringan		Berat		Spek
Lolos	Tertahan	Sebelum (gr)	Sesudah (gr)	
19 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	2500		
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	2500		
Jumlah Berat (gram)		5000		
Berat Tertahan		5000	4216.4	
Saringan No. 12 (gram)				
Persen Keausan		15.67%		Maks.30%

Pemeriksaan keausan (abrasi) agregat kasar menggunakan mesin Los Angeles kemudian diputar 500 putaran bersama dengan bola-bola baja sebanyak 11 bola. Maka diperoleh nilai keausan sebesar 15,67 %. Sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang digunakan maksimal 30%.

3. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat

Tabel 4.5 Hasil pengujian analisa saringan agregat 1-2 (Sumber : Pengujian Laboratorium 2024).

No. saringan	SAMPEL 1				SAMPEL 2				Rata - Rata
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos	
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	492.20	32.81	32.81	67.19	618.50	41.23	41.23	58.77	62.98
3/8"	416.00	27.73	60.55	39.45	367.40	24.49	65.73	34.27	36.86
4	354.80	23.65	84.20	15.80	344.90	22.99	88.72	11.28	13.54
8	83.80	5.59	89.79	10.21	94.80	6.32	95.04	4.96	7.59
16	8.00	0.53	90.32	9.68	5.00	0.33	95.37	4.63	7.15
30	2.60	0.17	90.49	9.51	0.50	0.03	95.41	4.59	7.05
50	4.30	0.29	90.78	9.22	0.00	0.00	95.41	4.59	6.91
100	2.40	0.16	90.94	9.06	0.00	0.00	95.41	4.59	6.83
200	1.60	0.11	91.05	8.95	1.10	0.07	95.48	4.52	6.74
Pan	134.30	8.95	100.00	0.00	67.80	4.52	100.00	0.00	0.00
Jumlah	1500.00	100.00			1500.00	100.00			

Tabel 4.6 Hasil pengujian analisa saringan agregat 0.5-1 (Sumber: Pengujian Laboratorium 2024)

No. Saringan	SAMPEL 1				SAMPEL 2				Rata - Rata
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos	
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	219.60	14.64	14.64	85.36	236.40	15.76	15.76	84.24	84.80
4	684.10	45.61	60.25	39.75	708.30	47.22	62.98	37.02	38.39
8	426.90	28.46	88.71	11.29	418.10	27.87	90.85	9.15	10.22
16	103.40	6.89	95.60	4.40	93.20	6.21	97.07	2.93	3.67
30	52.40	3.49	99.09	0.91	30.30	2.02	99.09	0.91	0.91
50	0.70	0.05	99.14	0.86	0.60	0.04	99.13	0.87	0.87
100	0.70	0.05	99.19	0.81	1.80	0.12	99.25	0.75	0.78
200	0.00	0.00	99.19	0.81	2.70	0.18	99.43	0.57	0.69
Pan	12.20	0.81	100.00	0.00	8.60	0.57	100.00	0.00	0.00
Jumlah	1500.00	100.00			1500.00	100.00			

Tabel 4. 7 Hasil pengujian analisa saringan agregat halus (abu batu) (sumber: Pengujian Laboratorium 2024)

No. Saringan	SAMPEL 1				SAMPEL 2				Rata - Rata
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos	
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
4	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
8	178.30	11.89	11.89	88.11	155.40	10.36	10.36	89.64	88.88
16	452.90	30.19	42.08	57.92	433.90	28.93	39.29	60.71	59.32
30	334.20	22.28	64.36	35.64	333.80	22.25	61.54	38.46	37.05
50	158.60	10.57	74.93	25.07	169.50	11.30	72.84	27.16	26.11
100	127.40	8.49	83.43	16.57	145.10	9.67	82.51	17.49	17.03
200	63.60	4.24	87.67	12.33	76.30	5.09	87.60	12.40	12.37
Pan	185.00	12.33	100.00	0.00	186.00	12.40	100.00	0.00	0.00
Jumlah	1500.00	100.00			1500.00	100.00			

B. Hasil Pemeriksaan Sifat-Sifat Aspal

Pengujian sifat aspal terdiri dari pengujian berat jenis aspal, pengujian titik lebek, pengujian kehilangan berat aspal, dan pengujian penetrasi. Pada pemeriksaan aspal merujuk pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Dari hasil pemeriksaan aspal diperoleh data pada tabel berikut.

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

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spek	Satuan	Keterangan
1	Berat jenis aspal	1,01	$\geq 1,0$	gr/cc	Memenuhi
2	Titik lebek aspal	49	≥ 48	$^{\circ}\text{C}$	Memenuhi
3	Kehilangan berat aspal	0,4	$\leq 0,8$	0,1 mm	Memenuhi
4	Penetrasi pada 25 $^{\circ}\text{C}$	68	60-70	%	Memenuhi

Dari hasil pengujian aspal diatas diperoleh nilai berat jenis aspal 1,01 gr/cc, titik lebek aspal 49 $^{\circ}\text{C}$, kehilangan berat aspal 0,4 dan penetrasi pada 25 $^{\circ}\text{C}$ sebesar

68 mm. Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 pemeriksaan aspal maka aspal dalam pengujian ini memenuhi.

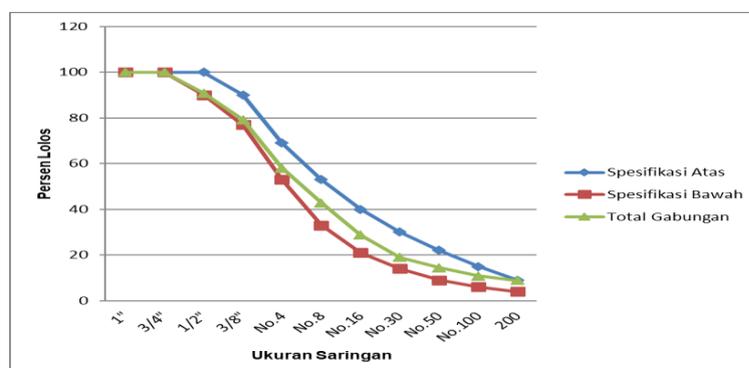
C. Hasil Rancangan Campuran

1. Gradasi Agregat Gabungan

Berdasarkan dari hasil pemeriksaan analisa saringan berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 maka gradiasi agregat diperoleh pada tabel 4.9, 4.10, dan 4.11 dibawah ini:

Tabel 4. 9 Hasil gradasi agregat gabungan campuran normal (sumber: hasil laboratorium 2024)

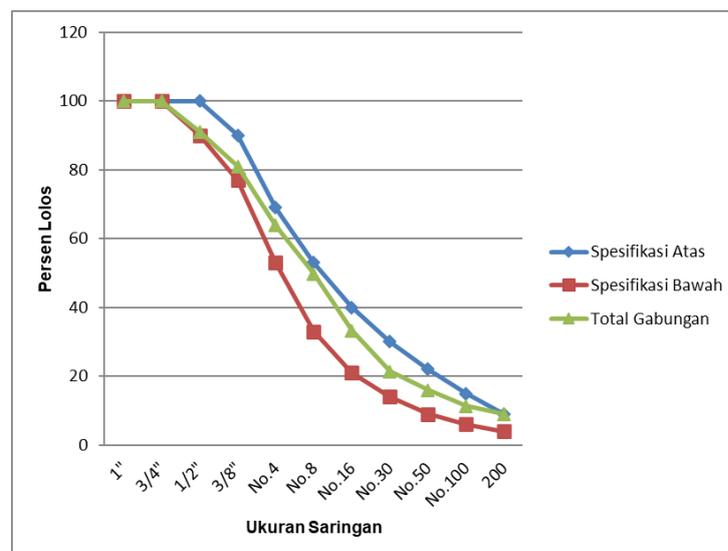
Saringan		Gradasi Agregat				25%	33%	40%	2%	Total	Spek. AC-WC
ASTM	(mm)	Agg.1/2	Agg. 0.5/1	Abu Batu	Semen	Agg. 1/2	Agg 0.5/1	Abu Batu	Semen		
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	25,00	33,00	40,00	2,00	100,00	100
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	25,00	33,00	40,00	2,00	100,00	100
1/2"	12,5	62,98	100,00	100,00	100,00	15,74	33,00	40,00	2,00	90,74	90-100
3/8"	9,5	36,86	84,80	100,00	100,00	9,22	27,98	40,00	2,00	79,20	77-90
No.4	4,75	13,54	38,39	100,00	100,00	3,39	12,67	40,00	2,00	58,05	53-69
No.8	2,36	7,59	10,22	88,88	100,00	1,90	3,37	35,55	2,00	42,82	33-53
No.16	1,18	7,15	3,67	59,32	100,00	1,79	1,21	23,73	2,00	28,73	21-40
No.30	0,6	7,05	0,91	37,05	100,00	1,76	0,30	14,82	2,00	18,88	14-30
No.50	0,3	6,91	0,87	26,11	100,00	1,73	0,29	10,45	2,00	14,46	9-22
No.100	0,15	6,83	0,78	17,03	100,00	1,71	0,26	6,81	2,00	10,78	6-15
200	0,075	6,74	0,69	12,37	100,00	1,68	0,23	4,95	2,00	8,86	4-9



Gambar 4. 1 Grafik hasil gradasi agregat gabungan (Sumber : Hasil olah data 2024)

Tabel 4. 10 Hasil gradasi agregat gabungan campuran filler serbuk batu kapur 1%
(sumber: hasil laboratorium 2024)

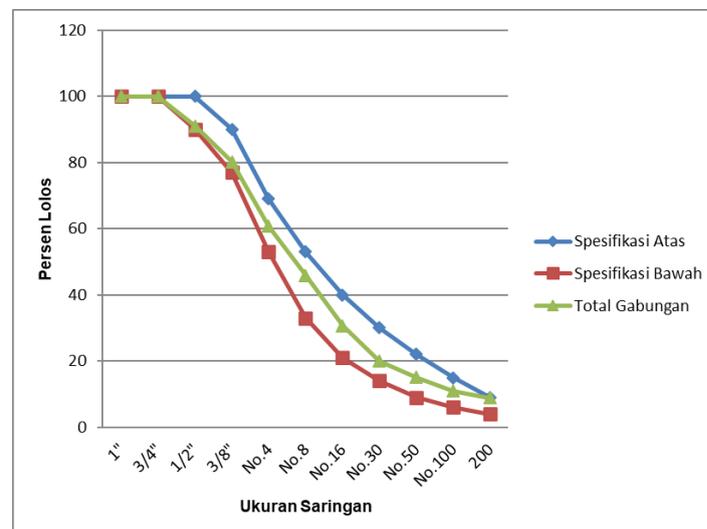
Saringan		Gradasi Agregat				24%	25%	50%	1%	Total	Spek. AC-WC
ASTM	(mm)	Agg.1/2	Agg. 0.5/1	Abu Batu	semen	Agg.1/2	Agg 0.5/1	Abu Batu	Semen		
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	24,00	25,00	50,00	1,00	100,00	100
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	24,00	25,00	50,00	1,00	100,00	100
1/2"	12,5	62,98	100,00	100,00	100,00	15,11	25,00	50,00	1,00	91,11	90-100
3/8"	9,5	36,86	84,80	100,00	100,00	8,85	21,20	50,00	1,00	81,05	77-90
No.4	4,75	13,54	38,39	100,00	100,00	3,25	9,60	50,00	1,00	63,85	53-69
No.8	2,36	7,59	10,22	88,88	100,00	1,82	2,56	44,44	1,00	49,81	33-53
No.16	1,18	7,15	3,67	59,32	100,00	1,72	0,92	29,66	1,00	33,29	21-40
No.30	0,6	7,05	0,91	37,05	100,00	1,69	0,23	18,53	1,00	21,44	14-30
No.50	0,3	6,91	0,87	26,11	100,00	1,66	0,22	13,06	1,00	15,93	9-22
No.100	0,15	6,83	0,78	17,03	100,00	1,64	0,20	8,52	1,00	11,35	6-15
200	0,075	6,74	0,69	12,37	100,00	1,62	0,17	6,18	1,00	8,97	4-9



Gambar 4. 2 Grafik hasil gradasi agregat gabungan filler serbuk batu kapur 1%
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Tabel 4. 11 Hasil gradasi agregat gabungan campuran filler serbuk batu kapur 1,5% (sumber: hasil laboratorium 2024)

Saringan		Gradasi Agregat				24%	30%	44,5 %	1,5%	Total	Spek. AC-WC
ASTM	(mm)	Agg.1/2	Agg. 0.5/1	Abu Batu	semen	Agg.1/2	Agg. 0.5/1	Abu Batu	semen		
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	24,00	30,00	44,50	1,50	100,00	100
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	24,00	30,00	44,50	1,50	100,00	100
1/2"	12,5	62,98	100,00	100,00	100,00	15,11	30,00	44,50	1,50	91,11	90-100
3/8"	9,5	36,86	84,80	100,00	100,00	8,85	25,44	44,50	1,50	80,29	77-90
No.4	4,75	13,54	38,39	100,00	100,00	3,25	11,52	44,50	1,50	60,77	53-69
No.8	2,36	7,59	10,22	88,88	100,00	1,82	3,07	39,55	1,50	45,94	33-53
No.16	1,18	7,15	3,67	59,32	100,00	1,72	1,10	26,40	1,50	30,71	21-40
No.30	0,6	7,05	0,91	37,05	100,00	1,69	0,27	16,49	1,50	19,95	14-30
No.50	0,3	6,91	0,87	26,11	100,00	1,66	0,26	11,62	1,50	15,04	9-22
No.100	0,15	6,83	0,78	17,03	100,00	1,64	0,24	7,58	1,50	10,95	6-15
200	0,075	6,74	0,69	12,37	100,00	1,62	0,21	5,50	1,50	8,83	4-9



Gambar 4. 3 Grafik hasil gradasi agregat gabungan filler serbuk batu kapur 1,5% (Sumber : Hasil olah data 2024)

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan maka gradasi agregat diperoleh seperti pada tabel diatas. Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan

husus untuk campuran AC-WC harus berada di antara batas atas dan batas bawah yang sesuai dengan spesifikasi. Dari hasil gradasi agregat gabungan diatas telah memenuhi batas-batas Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

D. Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji

Dari hasil analisa gradasi agregat gabungan diatas, didapat perhitungan berat agregat yang diperlukan seperti pada tabel 4.12, 4.13, dan 4.14.

Tabel 4. 12 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji normal
(Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024)

Kadar Aspal (%)	Aspal (gr)	Agregat 1-2 (gr)	Agregat 0.5-1 (gr)	Abu Batu (gr)	Semen (gr)
5.00	60	285	376.2	456	22.80
5.50	66	283.5	374.22	453,6	22.68
6.00	72	282	372.24	451.2	22.56

Tabel 4. 13 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji filler 1%
(Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024)

Kadar Aspal (%)	Aspal (gr)	Agregat 1-2 (gr)	Agregat 0.5-1 (gr)	Abu Batu (gr)	Semen (gr)
5.00	60	273.60	285	570	11.40
5.50	66	272.16	283.50	567	11.34
6.00	72	270.72	282	564	11.28

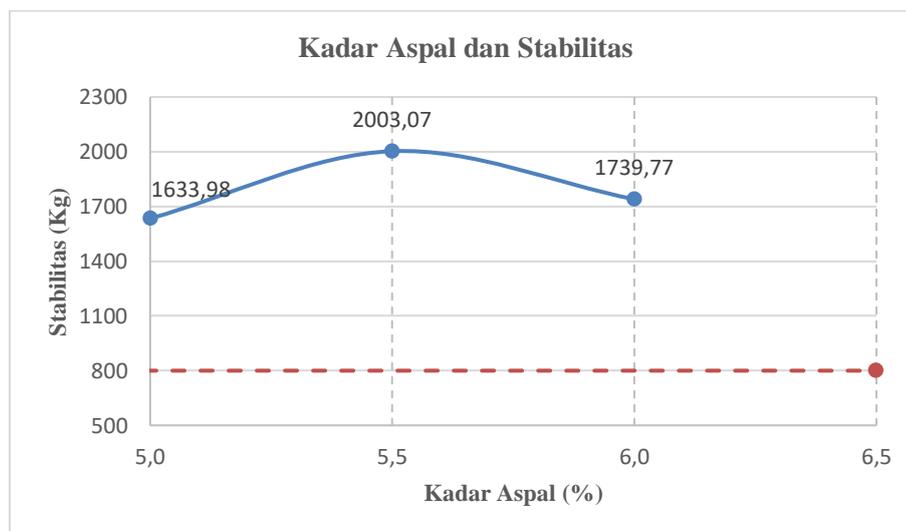
Tabel 4. 14 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji filler 1,5%
(Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024)

Kadar Aspal (%)	Aspal (gr)	Agregat 1-2 (gr)	Agregat 0.5-1 (gr)	Abu Batu (gr)	Semen (gr)
5.00	60	273.60	342.00	507.30	17.10
5.50	66	272.16	340.20	504.63	17.01
6.00	72	270.72	338.40	501.96	16.92

E. Hasil Pengujian Marshall

1. Stabilitas

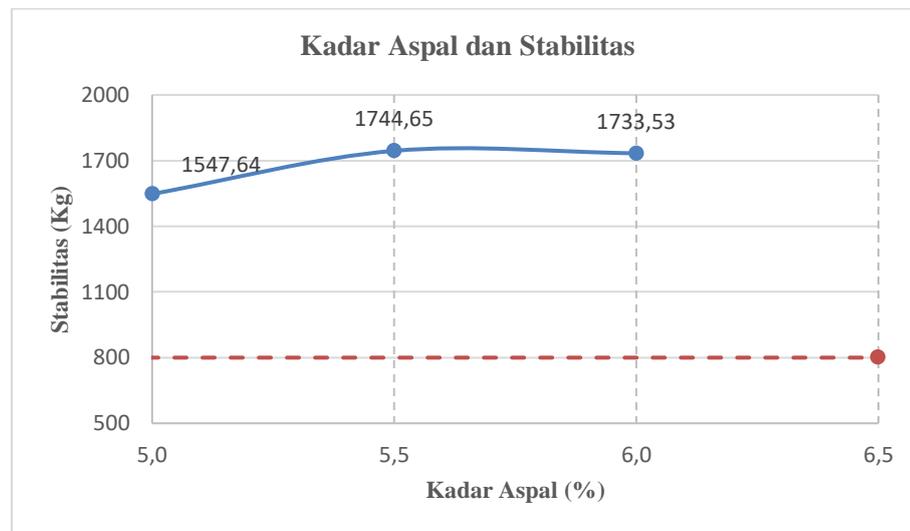
Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik hubungan nilai stabilitas dengan kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% pada campuran filler 0%, 1%, dan 1,5% dapat dilihat pada gambar 4.4, 4.5, dan 4.6 dibawah ini.



Gambar 4. 4 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas pada campuran aspal normal 5%, 5,5%, dan 6%

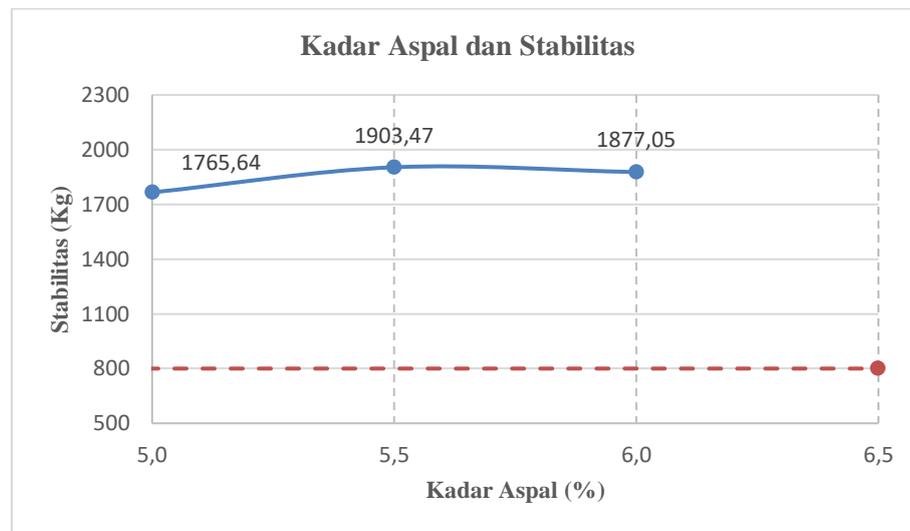
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Dari gambar 4.4 grafik menunjukkan hubungan stabilitas dan kadar aspal, pada kadar aspal 5 % sampai dengan 6%. Dari grafik nilai stabilitas tertinggi yaitu pada kadar aspal 5,5% sebesar 2003.07 kg, kadar aspal 6% sebesar 1739.77 kg dan nilai stabilitas yang rendah yaitu pada kadar aspal 5% sebesar 1633.98 kg. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2 tentang ketentuan sifat-sifat nilai stabilitas minimum untuk lalu lintas berat yaitu 800 kg, sehingga semua kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan yang tertentu.



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan stabilitas pada campuran serbuk batu kapur 1%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Berdasarkan grafik pada gambar 4.5 hubungan stabilitas dengan kadar aspal pada campuran filler serbuk batu kapur 1% dapat disimpulkan bahwa pada kadar aspal 5% sebesar 1547.64 kg, kadar aspal 5,5% sebesar 1744.65 kg dan kadar aspal 6% sebesar 1733.53 kg. Dari hasil pengujian untuk nilai stabilitas dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada campuran filler serbuk batu kapur 1% semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai stabilitas minimum 800 kg.

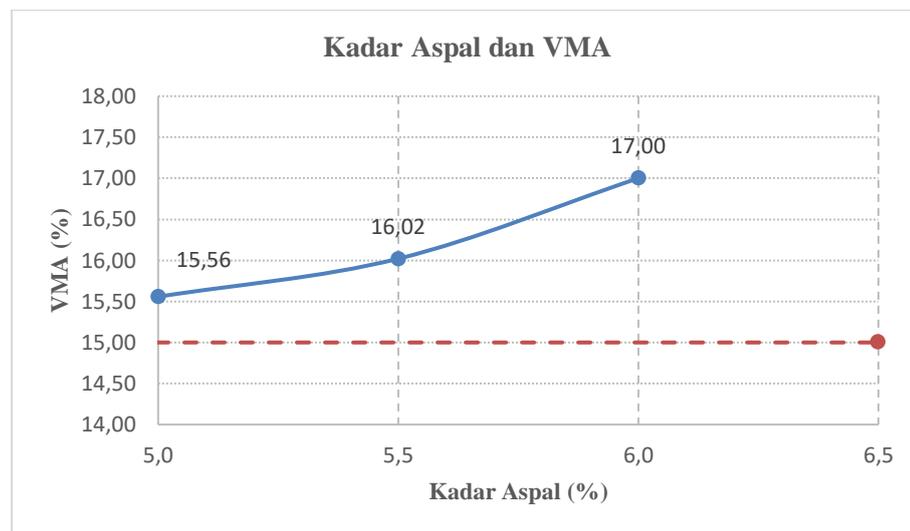


Gambar 4.6 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan stabilitas pada campuran filler serbuk batu kapur 1,5%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Dari gambar 4.6 grafik menunjukkan hubungan stabilitas dengan kadar aspal pada campuran filler serbuk batu kapur 1,5%. Dari grafik nilai stabilitas pada kadar aspal 5% sebesar 1765.64 kg, kadar aspal 5,5% sebesar 1903.47 kg, dan nilai stabilitas terendah yaitu pada kadar aspal 6% sebesar 1877.05 kg. Dari hasil pengujian untuk nilai stabilitas dari gambar 4.6 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada campuran filler serbuk batu kapur 1,5% semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai stabilitas minimum 800 kg.

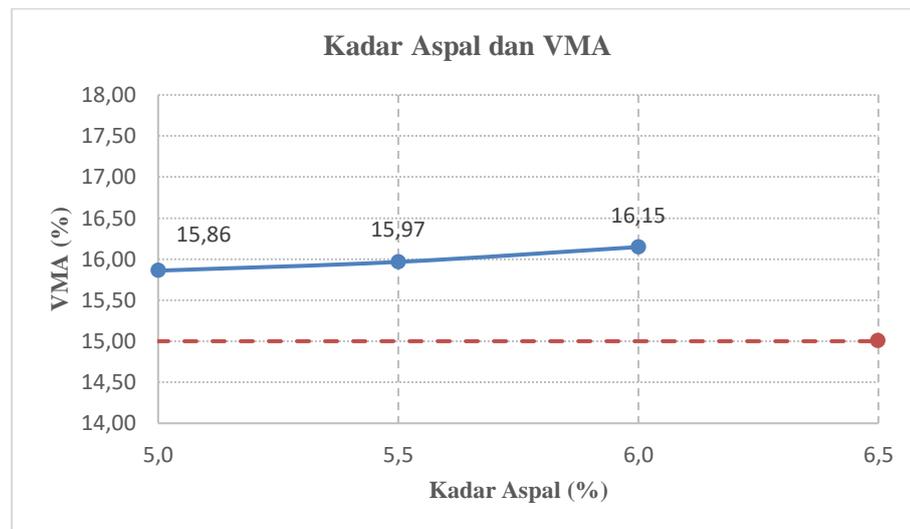
2. Rongga Antara Mineral Agregat (VMA)

Nilai VMA yang didapat pada kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan campuran filler 0%, 1%, dan 1,5% dapat dilihat pada gambar 4.7- 4.9.



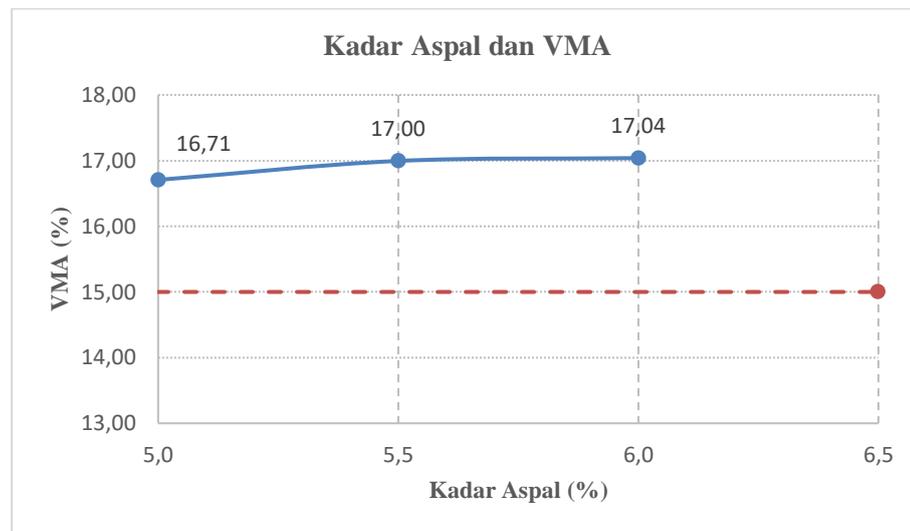
Gambar 4. 7 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan VMA pada campuran aspal normal 5%, 5,5%, dan 6%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Nilai VMA pada aspal normal dengan kadar aspal 5% sebesar 15.56%, kadar aspal 5,5% sebesar 16.02%, dan kadar aspal 6% sebesar 17.00%. Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa dari hasil pengujian nilai VMA pada campuran normal pada kadar aspal 5%, 5,5% dan 6% mengalami kenaikan. Pada nilai VMA semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang dimana spesifikasinya minimal 15%



Gambar 4. 8 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan VMA pada campuran filler serbuk batu kapur 1%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Nilai VMA pada filler serbuk batu kapur 1% kadar aspal 5% sebesar 15.86%, 5,5% sebesar 15.97% dan 6% sebesar 16.15%. Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa filler serbuk batu kapur 1% campuran aspal dengan kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang dimana spesifikasinya minimal 15%.

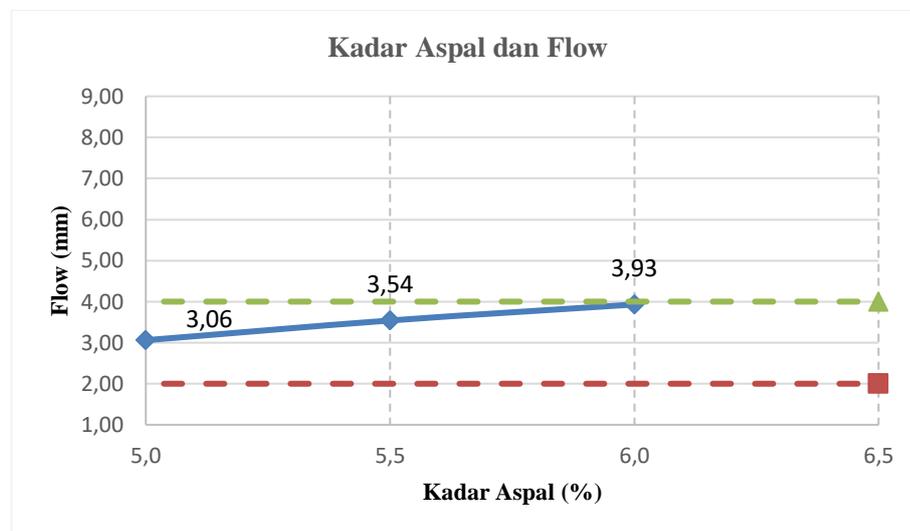


Gambar 4.9 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan VMA pada campuran filler serbuk batu kapur 1,5%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Nilai VMA pada filler serbuk batu kapur 1,5% dengan kadar aspal 5% sebesar 16,71%, 5,5% sebesar 17,00% dan 6% sebesar 17,04%. Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa penggunaan filler serbuk batu kapur 1,5% sebagai campuran aspal dengan kadar 5%, 5,5%, dan 6% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang dimana spesifikasinya minimal 15%.

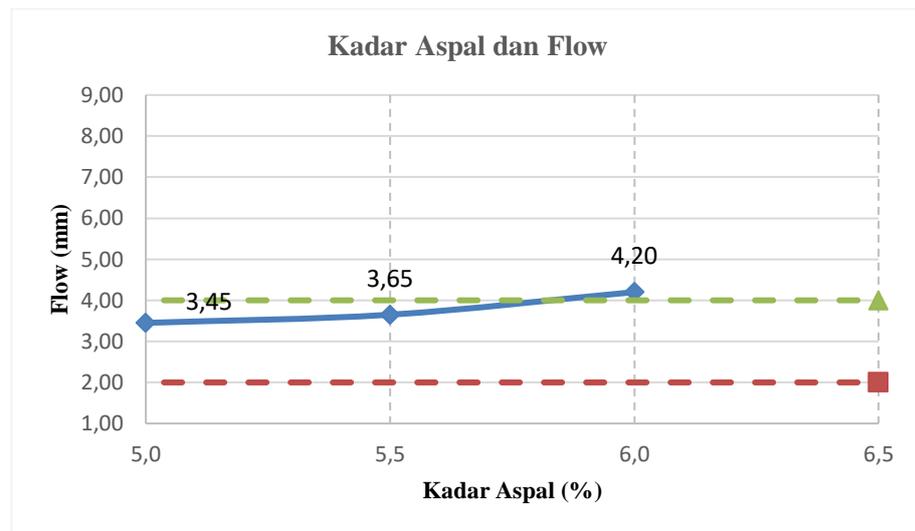
3. Kelelahan (Flow)

Nilai flow didapat pada aspal normal serta penambahan filler serbuk kapur dapat dilihat pada gambar 4.10-4.12.



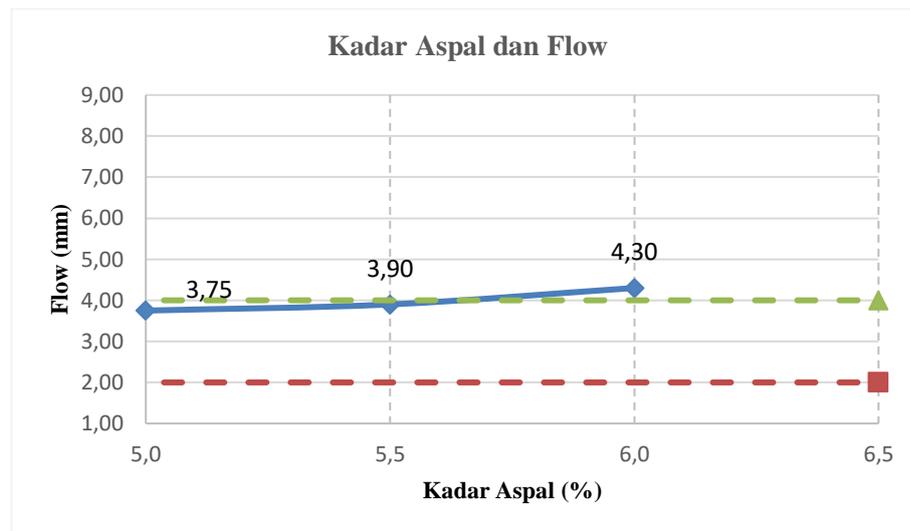
Gambar 4. 10 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan flow pada campuran aspal normal 5%, 5,5%, dan 6%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Nilai Flow pada aspal normal dengan kadar aspal 5% sebesar 3.06 mm, kadar aspal 5,5% sebesar 3.54 mm, dan kadar aspal 6% sebesar 3.93 mm. Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa dari hasil pengujian nilai flow pada campuran normal pada kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 ditetapkan nilai flow 2 mm - 4 mm.



Gambar 4. 11 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan flow pada campuran filler serbuk batu kapur 1%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Berdasarkan grafik pada gambar 4.11 di atas dapat dilihat bahwa nilai flow pada filler 1% dengan kadar aspal 5% sebesar 3.45 mm, kadar aspal 5,5% sebesar 3.65 mm dan kadar aspal 6% sebesar 4.20 mm. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi, ditetapkan nilai flow 2 mm - 4 mm. Pengujian nilai flow pada penambahan filler 1% dengan kadar aspal 6% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga 2018 revisi 2. Pengujian nilai flow pada penambahan filler 1% dengan kadar aspal 5% - 5,76% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

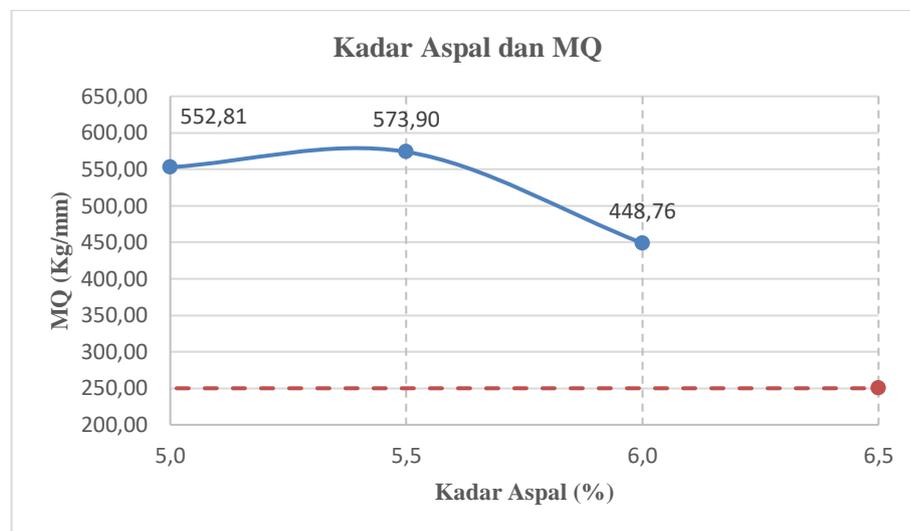


Gambar 4. 12 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan flow pada campuran filler serbuk batu kapur 1,5%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Berdasarkan grafik pada gambar 4.12 di atas dapat dilihat bahwa nilai flow pada filler 1,5% dengan kadar aspal 5% sebesar 3,75 mm, kadar aspal 5,5% sebesar 3.90 mm dan kadar aspal 6% sebesar 4.30 mm. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 ditetapkan nilai flow 2 mm - 4 mm. Pengujian nilai flow pada penambahan filler 1% dengan kadar aspal 6% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Pengujian nilai flow pada penambahan filler 1,5% dengan kadar aspal 5% - 5,78% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

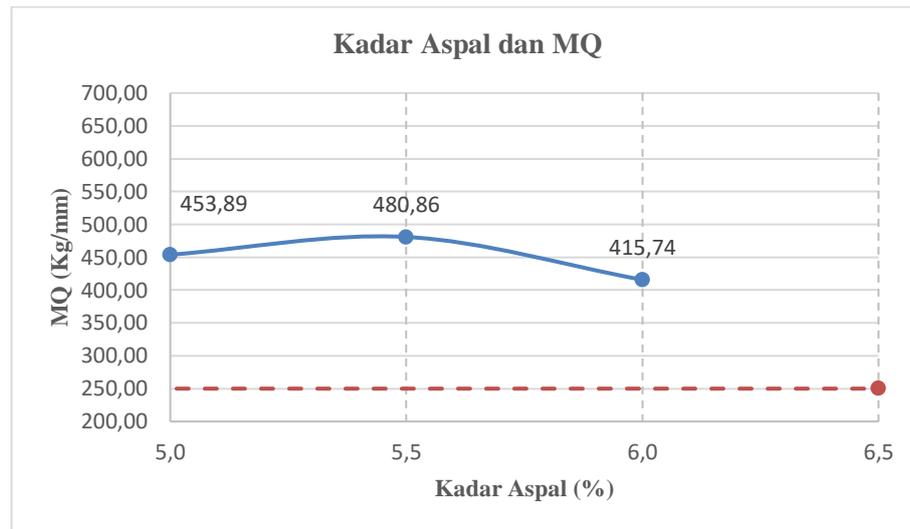
4. MQ (kg/mm)

Nilai MQ yang didapat pada campuran aspal normal serta penambahan filler serbuk kapur dapat dilihat pada gambar 4.13- 4.15



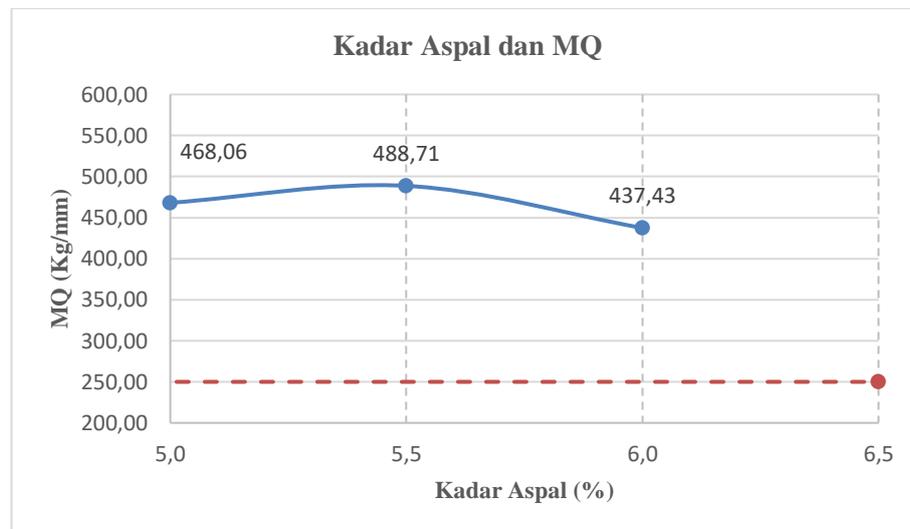
Gambar 4. 13 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan MQ pada campuran aspal normal 5%, 5,5%, dan 6%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Nilai MQ pada aspal normal dengan kadar aspal 5% sebesar 552.81 kg/mm, kadar aspal 5,5% sebesar 573.90 kg/mm dan kadar aspal 6% sebesar 448.76 kg/mm. Berdasarkan grafik pada gambar 4.13 dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* mengalami naik turun seiring bertambahnya kadar aspal sehingga nilai MQ dari campuran aspal normal sudah memenuhi batas Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai minimum 250 kg/mm.



Gambar 4. 14 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan MQ pada campuran filler serbuk batu kapur 1%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Nilai MQ pada kadar aspal 5% sebesar 453.89 kg/mm, kadar aspal 5,5% sebesar 480.86 kg/mm dan kadar aspal 6% sebesar 415.74 kg/mm. Berdasarkan grafik pada gambar 4.14 dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* mengalami naik turun seiring bertambahnya kadar aspal sehingga nilai MQ sudah memenuhi batas Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai minimum 250 kg/mm.

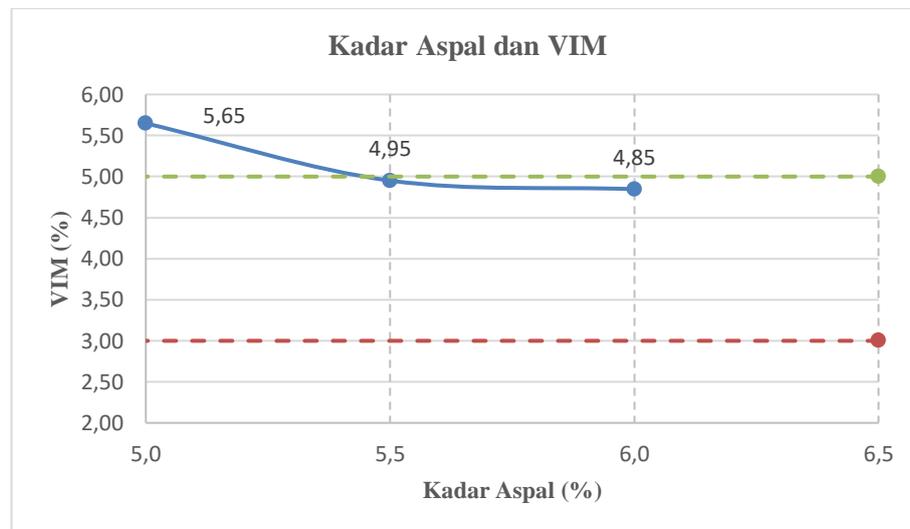


Gambar 4. 15 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan MQ pada campuran filler serbuk batu kapur 1,5%.

(Sumber : Hasil olah data 2024)

Nilai MQ pada kadar aspal 5% sebesar 468.06 kg/mm, kadar aspal 5,5% sebesar 488.71 kg/mm dan kadar aspal 6% sebesar 437.43 kg/mm. Berdasarkan grafik pada gambar 4.15 dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* mengalami naik turun seiring bertambahnya kadar aspal sehingga nilai MQ sudah memenuhi batas Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai minimum 250 kg/mm.

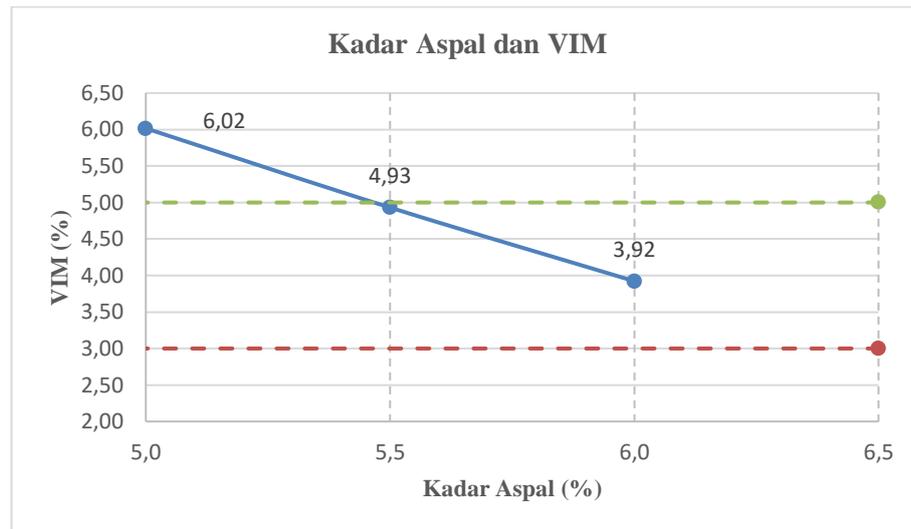
5. Rongga Terhadap Campuran (VIM)



Gambar 4. 16 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan VIM pada campuran aspal normal 5%, 5,5%, dan 6%.

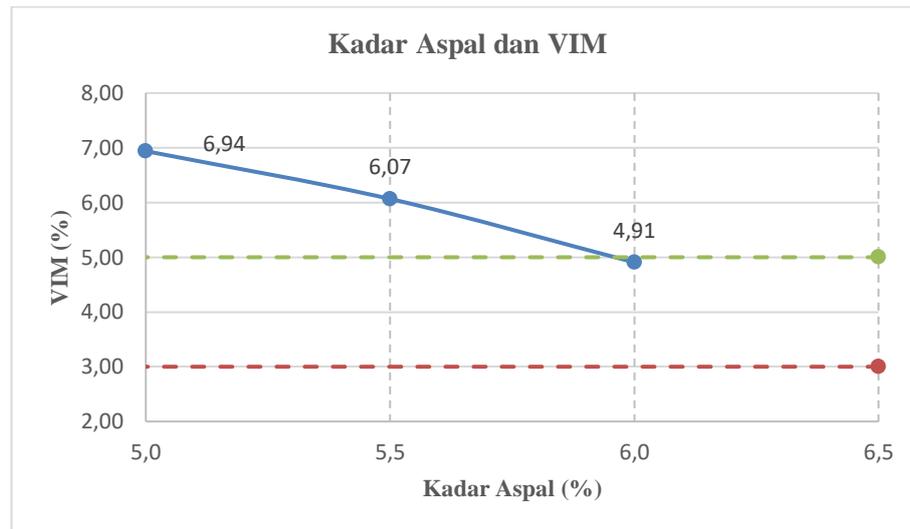
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Nilai VIM pada aspal normal dengan kadar aspal 5% sebesar 5.65%, kadar aspal 5,5% sebesar 4.95%, dan kadar aspal 6% sebesar 4.85%. Dari pengujian VIM memiliki batas Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 dengan nilai batas 3% - 5%. Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa campuran normal pada pengujian nilai VIM dengan kadar aspal 5% tidak memenuhi spesifikasi bina marga 2018 revisi 2, sedangkan kadar aspal 5,45%-6% memenuhi spesifikasi umum bina marga 2018 Revisi 2.



Gambar 4. 17 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan VIM pada campuran filler serbuk batu kapur 1%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Nilai VIM pada filler serbuk batu kapur 1% dengan kadar aspal 5% sebesar 6.02%, 5,5% sebesar 4.93% dan 6% sebesar 3.92%. Dari pengujian VIM memiliki batas Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 dengan nilai batas 3%-5%. Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa filler serbuk batu kapur 1% dengan kadar aspal 5% sebesar 6.02% tidak memenuhi spesifikasi bina marga 2018 revisi 2, sedangkan filler serbuk batu kapur 1% dengan kadar aspal 5,46% - 6% memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

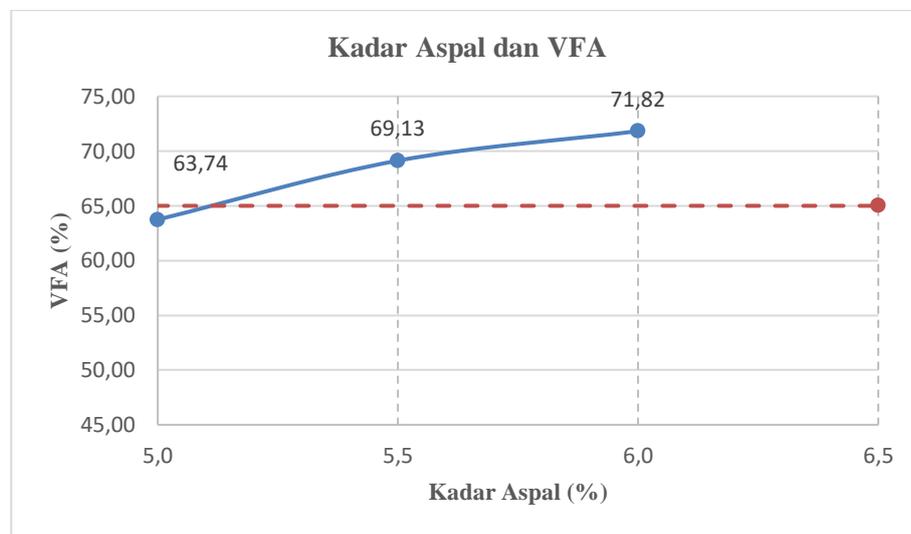


Gambar 4. 18 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan VIM pada campuran filler serbuk batu kapur 1,5%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Nilai VIM pada filler serbuk batu kapur 1,5% dengan kadar aspal 5% sebesar 6.94%, 5,5% sebesar 6.07% dan 6% sebesar 4.91%. Dari pengujian VIM memiliki batas Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 dengan nilai batas 3%-5%. Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa filler serbuk batu kapur 1,5% dengan kadar aspal 5% sebesar 6.94%, dan 5,5%, sebesar 6.07% tidak memenuhi spesifikasi bina marga 2018 revisi 2. Sedangkan filler serbuk batu kapur 1,5% dengan kadar aspal 5,58%- 6% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

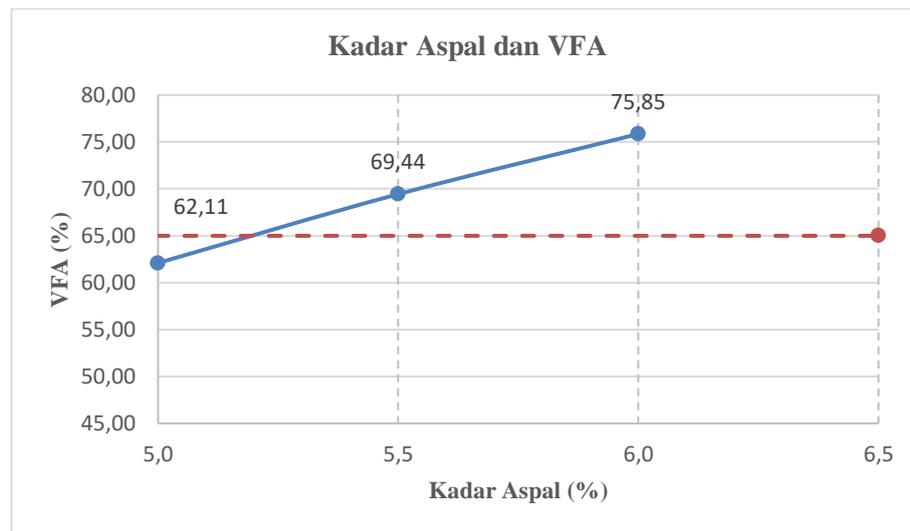
6. Rongga Tersisi Aspal (VFA)

Nilai voids filled (VFA) didapat pada aspal normal seta penggunaan bahan kapur dapat dilihat pada gambar 4.19- 4.21.



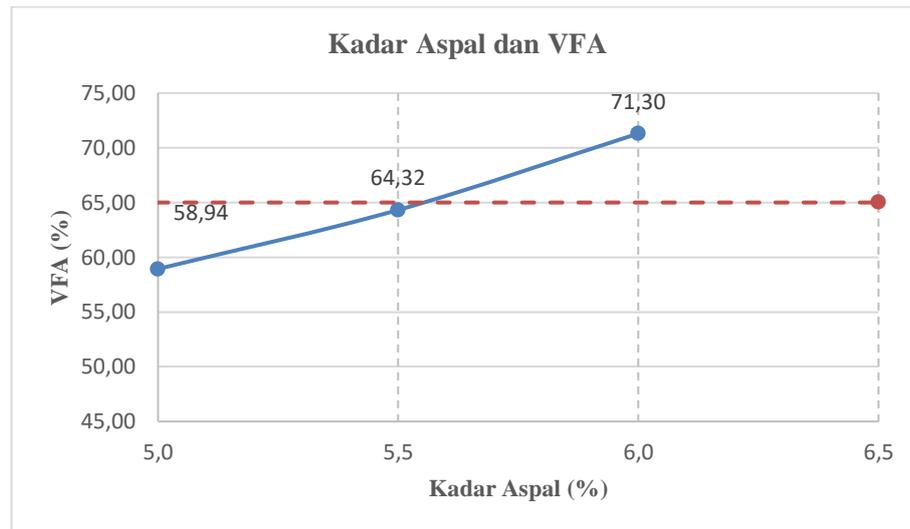
Gambar 4. 19 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan VFA pada campuran aspal normal 5%, 5,5%, dan 6%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Nilai VFA pada aspal normal dengan kadar aspal 5% sebesar 63.74%, kadar aspal 5,5% sebesar 69.13%, dan 6% sebesar 71.82%. Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya kadar aspal maka nilai VFA akan meningkat hal ini disebabkan oleh fungsi aspal sebagai bahan ikat juga sekaligus sebagai pengisi rongga dalam campuran sehingga semakin bertambahnya kadar aspal maka semakin longgar. Pada grafik VFA dapat dilihat bahwa batas minimum sebesar 65% dari hasil pengujian pada campuran aspal normal kadar 5% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, sedangkan pada campuran normal pada kadar aspal 5,19%-6% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.



Gambar 4. 20 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan VFA pada campuran filler serbuk batu kapur 1%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa penggunaan filler serbuk batu kapur 1% sebagai campuran dengan kadar aspal 5% sebesar 62.11%, 5,5% sebesar 69.44%, dan 6% sebesar 75.85% mengakibatkan nilai VFA semakin naik. Semakin besar nilai VFA maka campuran semakin awet, karena nilai VFA berpengaruh pada sifat kedap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Pada grafik VFA dapat dilihat bahwa batas minimum sebesar 65% dari hasil pengujian pada campuran filler serbuk batu kapur 1% kadar aspal 5,2%-6% yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, sedangkan campuran filler serbuk batu kapur 1% dengan kadar aspal 5% tidak Memenuhi Spesisifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

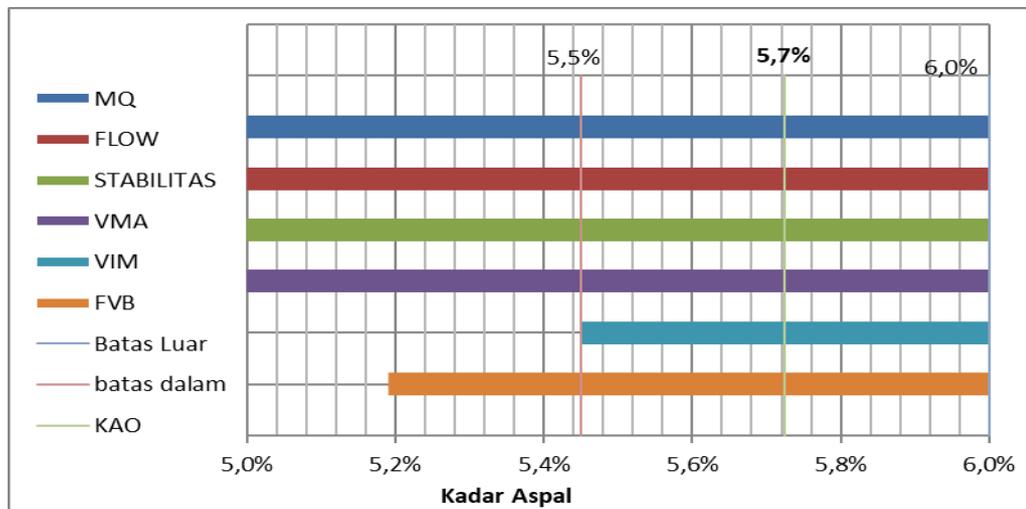


Gambar 4. 21 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan VFA pada campuran filler serbuk batu kapur 1,5%.
(Sumber : Hasil olah data 2024)

Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa penggunaan filler serbuk batu kapur 1,5% sebagai campuran dengan kadar aspal 5% sebesar 58.94%, 5,5% sebesar 64.32%, dan 6% sebesar 71.30% mengakibatkan nilai VFA semakin naik. Semakin besar nilai VFA maka campuran semakin awet, karena nilai VFA berpengaruh pada sifat kedap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Pada grafik VFA dapat dilihat bahwa batas minimum sebesar 65% dari hasil pengujian pada campuran filler serbuk batu kapur 1,5% dengan kadar aspal 5,6%-6% yang Memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, sedangkan campuran filler serbuk batu kapur 1,5% dengan kadar aspal 5% dan 5,5% tidak memenuhi Spesisifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

7. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat tercapai persyaratan stabilitas, VMA, VIM, VFA, 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. Berikut ini kadar aspal optimum yang diperoleh dari pengujian marshall pada gambar dibawah ini.



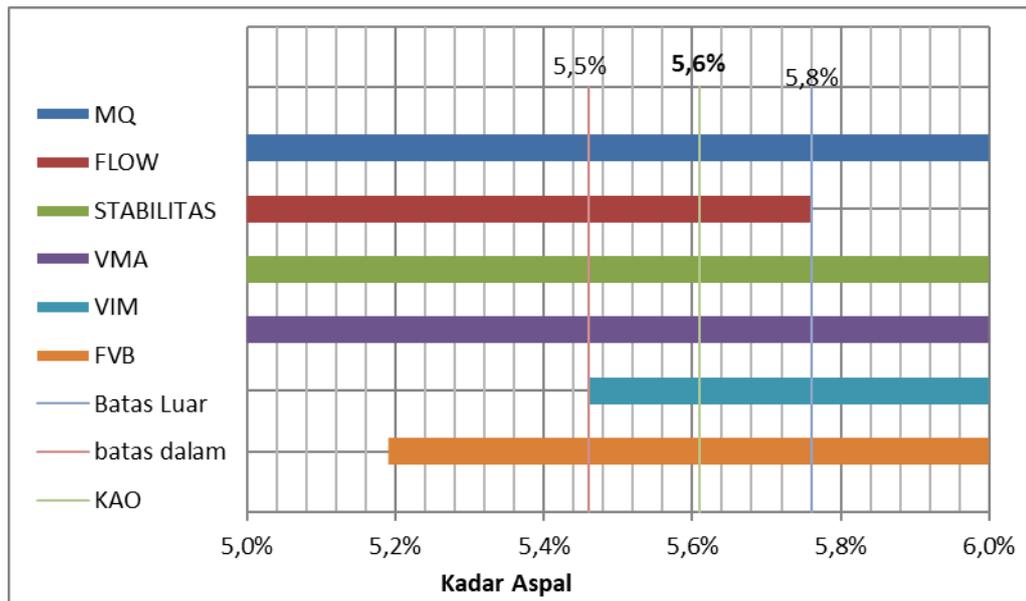
Gambar 4. 22 Kadar aspal optimum (KAO) campuran aspal normal
(Sumber : Hasil olah data 2024)

$$\text{Kadar Aspal Optimum} = \frac{KA \text{ Min} + KA \text{ Maks}}{2} = \frac{5,5\% + 6\%}{2} = 5,7\%$$

Dimana: KA Min = kadar aspal minimum sebesar 5,5%

KA Maks = Kadar aspal maksimal sebesar 6%

Berdasarkan gambar 4.22 menunjukan nilai stabilitas, VMA, VIM, VFB, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ) yang memenuhi spesifikasi untuk semua karakteristik dalam campuran 5%, 5.5%, dan 6% Sehingga nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5,7%.



Gambar 4. 23 Kadar aspal optimum (KAO) campuran filler serbuk batu kapur 1%

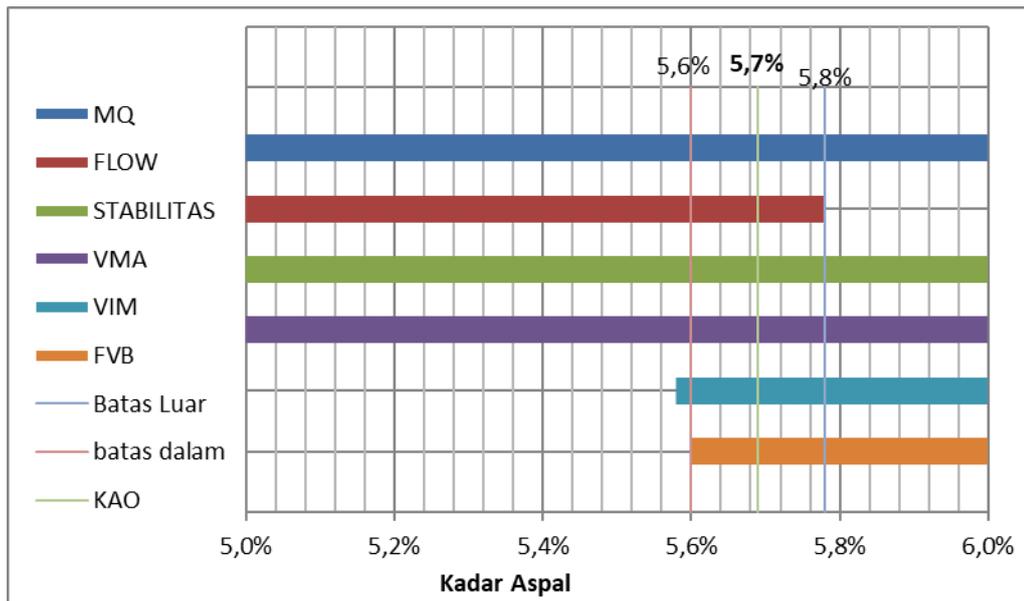
(Sumber : Hasil olah data 2024)

$$\text{Kadar Aspal Optimum} = \frac{KA \text{ Min} + KA \text{ Maks}}{2} = \frac{5,5\% + 5,8\%}{2} = 5,6\%$$

Dimana: KA Min = kadar aspal minimum sebesar 5,5%

KA Maks = Kadar aspal maksimal sebesar 5,8%

Berdasarkan gambar 4.23 menunjukan nilai stabilitas, VMA, VIM, VFB, flow, dan Marshall Quotient (MQ) yang memenuhi spesifikasi untuk semua karakteristik dalam campuran 5%, 5.5%, dan 6% Sehingga nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5.6%.



Gambar 4. 24 Kadar aspal optimum (KAO) campuran filler serbuk batu kapur 1,5%

(Sumber : Hasil olah data 2024)

$$\text{Kadar Aspal Optimum} = \frac{KA \text{ Min} + KA \text{ Maks}}{2} = \frac{5,6\% + 5,8\%}{2} = 5,7\%$$

Dimana: KA Min = kadar aspal minimum sebesar 5,6%

KA Maks = Kadar aspal maksimal sebesar 5,8%

Berdasarkan gambar 4.24 menunjukan nilai stabilitas, VMA, VIM, VFB, flow, dan Marshall Quotient (MQ) yang memenuhi spesifikasi untuk semua karakteristik dalam campuran 5%, 5.5%, dan 6% Sehingga nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5,7%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan serbuk batu kapur dengan kadar filler 0%, 1% dan 1,5% dalam parameter marshall, pada kadar filler 0% stabilitas, VMA, MQ, dan flow pada kadar aspal 5%-6%, Nilai VIM dan VFA pada kadar aspal 5,5%-6%. Kadar filler 1% dan 1,5% stabilitas, VMA, dan MQ pada kadar aspal 5,5%-6%, nilai VIM dan VFA pada kadar aspal 5,5%-6%, nilai flow pada kadar aspal 5%-5,5% Memenuhi Standar Bina Marga Umum 2018 Revisi 2. Stabilitas campuran dengan filler serbuk batu kapur menunjukkan nilai variasi tergantung kadar aspal, dengan nilai tertinggi pada filler 1,5%. VMA meningkat seiring dengan penambahan filler, sementara nilai flow juga menunjukkan peningkatan. Nilai VIM dan VMA bervariasi, di mana nilai VFA pada filler 0% cenderung lebih tinggi daripada filler 1% dan 1,5%, sedangkan nilai VIM menunjukkan tren yang berbeda. MQ menunjukkan fluktuasi berdasarkan kadar aspal dan jenis filler.
2. Dari berbagai variasi yang diteliti dengan kadar filler 0%, 1% dan 1,5%. Kadar filler 0% pada kadar aspal 5,5% dan 6%, kadar filler 1% pada kadar aspal 5,5%, terhadap sifat-sifat fisik dan parameter marshall yakni stabilitas, VMA, MQ, VIM, VFA dan kelelahan (flow) memenuhi standar Bina Marga Umum 2018 Revisi 2. KAO diperoleh pada 5,7% untuk filler 0% dan 1,5%, dan 5,6% untuk filler 1%.

B. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Perlu adanya penelitian lanjutan terhadap filler serbuk batu kapur dengan variasi campuran yang berbeda.
2. Penelitian yang sama dapat dilakukan lagi untuk mengetahui peranan serbuk batu kapur sebagai pengganti filler dalam perkerasan jalan raya, seperti pengujian AC-BC atau AC-Base pada serbuk batu kapur sebagai pengganti filler untuk melihat perbedaannya.
3. Sarana Laboratorium Jalan dan Aspal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare hendaknya semakin dilengkapi dengan baik sesuai standar untuk menunjang kegiatan penelitian mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. J., & Wesli, W. (2016). *Stabilitas Lapis Aspal Beton Ac-Wc Menggunakan Abu Sekam Padi*. *Teras Jurnal*, 2(4), 310–320. <https://doi.org/10.29103/tj.v2i4.57>
- Akbar, S. J., Widari, L. A., & Munawir, K. (2019). *Penggunaan Abu Batu Karang Sebagai Filler Terhadap Parameter Marshall Pada Campuran Aspal AC-BC*. 9(2), 179–189.
- Albayati A.H.K, M. A. . (2016). *Pengaruh Metode Penambahan Kapur Terhadap Sifat Terkait Kinerja Campuran Aspal Beton*. *Journal of Engineering*, 22(9), 1–20. <https://doi.org/10.31026/j.eng.2016.09.01>
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). *SNI 06-2489-1991 Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall. 1*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 2417:2008 Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Standar Nasional Indonesia, 1–9.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2432:2011 Cara uji daktilitas aspal*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2433:2011 Cara uji titik nyala dan titik bakar aspal dengan alat cleveland open cup*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2439-2011 Cara Uji Penyelimutan dan Pengelupasan pada Campuran Agregat Aspal*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2441:2011 Cara uji berat jenis aspal keras*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). *SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. 1–5.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). *SNI 03-1969-1990 Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*. 2–5.
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). *SNI 06-2456-1991 Metode Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen*. 6–9.
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). *SNI 03-4142-1996 Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat Yang Lolos Saringan No.200*. 200(200), 1–6.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2434:2011 Cara uji titik lembek aspal dengan alat cincin dan bola (ring and ball)*

- Budiman,L, S. . (2018). *Studi Penggunaan Batu Kapur Kalipucang sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Beton Aspal Jenis AC-BC*. 4(1), 45–55.
- Gunawan,R, S. A. W. . (2021). *Pengaruh Penggunaan Batu Gamping Desa Tabarenah Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Ac-Bc (Asphalt Concrete Binder Course)*. 7(2).
- Isnaini Zulkarnai, M. H. (2023). *Pengaruh Penggunaan Kapur Sebagai Penambahan Filler Pada Campuran Aspal AC-BC*. 7(1).
- Jenderal, D., & Marga, B. (2020). *Spesifikasi umum 2018. Revisi 2*.
- Mashuri, Batti J.F, L. (2013). *Pengaruh Penggunaan Kapur Padam Sebagai bahan pengisi pada ketahanan pengelupasan Beton Aspal lapisan aus (AC-WC)*.
- Putra M.T.L. (2021). *Pengaruh Kapur Sebagai Filler Pada Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC)*. 1–8.
- Rahmawati, M., Hartatik, N., Rizkiardi, A., & Prasetyo, Y. D. (2023). *PEMANFAATAN LIMBAH BATU KAPUR BUKIT SEKAPUK GRESIK SEBAGAI FILLER CAMPURAN AC-BC*. 1–9.
- Sukirman, S. (1999). *Tebal struktur Perkerasan lentur*.
- Sukirman, S. (2006). *Sifat-sifat Agregat*.
- Winarno, B., Budi, K. C., Candra, A. I., & Muslimin, S. (2020). *PENGARUH ABU BATU SEBAGAI FILLER TERHADAP KINERJA ASPAL BETON AC-WC PADA TEST MARSHALL*. 5(2), 468–475.
- Yacob, M. (2017). *PENGARUH KADAR FILLER ABU BATU KAPUR DAN ABU TEMPURUNG KELAPA TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL BETON AC-BC*. 7(1), 213–222.