

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam mendukung kemajuan ekonomi suatu Negara tak dapat disangkal jika jalan sebagai sarana transportasi darat memiliki peran yang sangat krusial. Peningkatan kualitas pembangunan jalan bermaksud untuk mencapai hasil mutu yang diharapkan serta mengurangi biaya produksi. Memanfaatkan sumber daya lokal dan beradaptasi dengan persyaratan lokasi di mana proyek konstruksi sedang dilaksanakan harus menjadi tujuan utama penelitian masa depan tentang material konstruksi jalan. Tujuan utamanya adalah untuk memperkuat efisiensi biaya, mengurangi ketergantungan pada bahan impor, serta memastikan keberlanjutan sumber daya alam lokal.

Dalam lapisan perkerasan jalan, agregat sebagai elemen terpenting. Dalam pemanfaatannya sebagai material campuran perkerasan, tentunya harus dipantau sebelumnya untuk memastikan kesesuaiannya.

Untuk memastikan bahwa agregat tersebut sesuai, sifat-sifatnya harus diperiksa sebelum digunakan sebagai campuran perkerasan jalan. Seperangkat parameter standar telah ditetapkan, Agregat tidak layak dimanfaatkan jika tidak memenuhi persyaratan yang telah disepakati sebelumnya atau tidak relevan. Agregat yang digunakan terhadap campuran aspal bersumber di alam, baik itu berwujud bongkahan batuan, dalam wujud pasir maupun kerikil yang berukuran kecil maupun sedang. Namun, agar bongkahan batu alam yang besar dapat

digunakan dalam campuran tersebut, diperlukan proses pemecahan. Diperlukan alat khusus untuk memecah material guna menghasilkan kerikil atau batu pecah yang berukuran tepat (memenuhi standar gradasi). *Stone Crusher* adalah alat yang digunakan untuk menghancurkan batu-batu ini. Sesuai dengan parameter gradasi yang diperlukan. Di kabupaten Sidrap, tepatnya di desa Uluale, kecamatan Watang Pulu, terdapat alat stone crusher (pemecah batu). Dengan mengolah batuan di daerah tersebut menghasilkan agregat yang digunakan untuk pembangunan, salah satunya untuk perkerasan jalan.

Salah satu jenis laston dalam hal ini biasa disebut dengan lapisan aspal beton adalah *Asphalt concrete-binder course*. Campuran ini berfungsi sebagai lapisan perkerasan antara lapisan pondasi (AC-Base) dan lapisan aus (AC-WC) juga menyalurkan beban dari lapisan aus ke lapisan pondasi.

Ketersediaan bahan yang memenuhi spesifikasi teknis sangat penting agar proyek pembangunan jalan dapat berhasil. Biaya konstruksi dapat diturunkan jika terdapat sumber daya (tambang) yang dekat dengan lokasi proyek jalan. Pemakaian agregat lokal diharapkan dapat mendukung pembangunan infrastruktur, khususnya di Kabupaten Sidrap, terutama dalam sektor perkerasan jalan. Hal ini difungsikan guna mengatasi suplai material yang ada di luar daerah. Pemanfaatan agregat lokal diharapkan dapat membantu pembangunan infrastruktur dan dapat menurunkan biaya pekerjaan, khususnya di bidang perkerasan jalan di Kabupaten Sidrap

Dengan adanya uraian yang telah dijabarkan, penulis bermaksud melaksanakan kegiatan di laboratorium dan menuliskannya sebagai tugas akhir dengan judul **“Studi Karakteristik Penggunaan Agregat Kasar Hasil Produksi**

Stone Crusher Di Desa Uluale, Kecamatan Watang Pulu, Kab. Sidrap untuk Asphalt Concrete-Binder Course (Ac-Bc)". Bermaksud Untuk mengetahui apakah karakteristik agregat kasar yang akan dimanfaatkan untuk campuran AC-BC layak untuk digunakan atau tidak.

B. Rumusan Masalah

1. Jika digunakan pada campuran AC-BC, bagaimana karakteristik agregat kasar hasil produksi *stone crusher* di Desa Uluale Kabupaten Sidrap?
2. Apakah layak digunakan agregat kasar hasil produksi *stone crusher* di Desa Uluale Kabupaten Sidrap terhadap campuran AC-BC?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi karakteristik agregat hasil produksi *stone crusher* di Desa Uluale Kabupaten Sidrap jika digunakan pada campuran AC-BC.
2. Untuk mengetahui apakah layak digunakan agregat hasil produksi *stone crusher* di Desa Uluale Kabupaten Sidrap terhadap campuran AC-BC.

D. Batasan Penelitian

1. Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare menjadi lokasi penelitian.
2. Penggunaan material terhadap pelaksanaan ini yaitu:
 - a. Aspal dengan penetrasi 60 sampai dengan 70.
 - b. Agregat kasar yang didapatkan di pabrik pemecah batu di Desa Uluale, Kabupaten Sidrap.
 - c. Filler yang digunakan adalah semen.

- d. Pengujian untuk menghitung KAO dilakukan dengan beberapa model kadar aspal sesuai perencanaan sebelum diterapkan seperti 4,0%, 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, dan 7%.
3. Pemeriksaan keausan agregat kasar, penyerapan, serta berat jenis, dan pemeriksaan lainnya yaitu analisis saringan agregat.
4. Dilakukan pemeriksaan penetrasi, titik lunak, penurunan berat, serta pengukuran berat jenis aspal.
5. Penerapan Spesifikasi Bina Marga 2018

E. Manfaat Penelitian

1. Mengetahui karakteristik agregat hasil produksi *stone crusher* di Desa Uluale Kabupaten Sidrap apakah memenuhi keinginan Bina Marga 2018.
2. Dapat mengetahui tingkat kestabilan, kelelahan, densitas, Marshall Quatinet (MQ), persentase rongga terhadap kandungan agregat, persentase rongga terhadap apa yang terkandung di campuran, dan persentase rongga terhadap kandungan di aspal.
3. Menggunakan agregat hasil pemecah batu di Desa Uluale Kabupaten Sidrap untuk mengetahui nilai KAO.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori yang berkaitan dengan penelitian ini dan dipakai sebagai landasan serta hasil tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian terdahulunya yang bersifat relevan.

BAB III METODE PENELITIAN

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan secara menyeluruh mengenai hasil penelitian yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dari permasalahan utama yang telah diteliti, serta saran yang berisi masukan-masukan dari penulis yang berkaitan dengan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Agregat

agregat sebagai komposisi khusus yang ada di dalam perkerasan jalan, menyusun 90–95% material sesuai dengan bobot dan juga memiliki nilai 75–85% jika dihubungkan dengan tingkat volumenya. Akibatnya, penentu utama kekuatan perkerasan jalan adalah agregat. Agregat, sebagai penstabil mekanis, harus cukup kuat dalam menopang suatu kerusakan karena adanya bobot lalu lintas. Beberapa karakteristik yang memengaruhi pilihan agregat untuk membangun perkerasan jalan beberapa diantaranya yaitu daya rekat pada aspal, gradasi, tingkat kekuatannya, bentuk butirannya, tekstur maupun permukaannya, tingkat kebersihannya. kekuatan, tekstur, dan bentuk agregat dijelaskan di bawah ini.

1. Nilai Kekuatan Agregat

Daya tahan agregat mengacu pada kemampuannya untuk mempertahankan kualitas terhadap penurunan mutu yang disebabkan oleh proses mekanis maupun kimiawi. Degradasi agregat, yakni perubahan pada gradasi, terjadi akibat pecahnya butiran agregat. Aktivitas mekanis, seperti beban lalu lintas dan tekanan yang terlibat dalam konstruksi jalan, seperti pemadatan, penyebaran, dan tanggul, dapat mengakibatkan kerusakan agregat. Kerusakan agregat juga dapat disebabkan oleh proses kimia, seperti dampak kelembaban, suhu tinggi, dan perubahan suhu harian.

2. Bentuk Dan Tekstur Agregat

Butiran agregat maupun partikel jika ditinjau wujudnya dapat diklasifikasikan dalam wujud bulat, oval, datar, kubik, tidak tertata, atau memiliki patahan.

a. Agregat Bulat

Agregat sungai sering kali berbentuk bulat dan halus karena telah mengalami erosi. Area kontak agregat sangat terbatas karena strukturnya, hanya berbentuk titik singgung. Oleh karena itu, penguncian antar agregat kurang ideal, yang memengaruhi tingkat kepadatan perkerasan yang rendah.

b. Agregat Kubik

Biasanya, batu-batu besar dipecah atau dihancurkan menggunakan peralatan penghancur batu untuk membuat agregat kubik. Karena area kontak yang besar, agregat dengan bentuk ini memiliki daya ikat yang kuat. Oleh karena itu, stabilitas dan ketahanan terhadap deformasi yang lebih tinggi dapat diperoleh. Agregat ini dianggap sebagai pilihan terbaik untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan karena manfaat-manfaat ini.

c. Agregat Panjang (c)

Sungai dan endapan sungai masa lampau mengandung partikel yang memanjang. Jika ditinjau dari segi pemetaan agregat menurut panjang yang melebihi 1,8 kali diameter batasnya, agregat tersebut dianggap memanjang. Berat agregat yang memanjang sebagai persentase dari berat total dikenal sebagai indeks perpanjangan. Campuran agregat memanjang ini memiliki kualitas yang hampir identik dengan agregat bulat.

d. Agregat Datar

Ketika batu dihancurkan oleh penghancur batu, butirannya sering pecah dalam bentuk datar, sehingga menghasilkan agregat datar. Agregat yang kurang dari 0,6 kali lebih tebal dari diameter rata-ratanya disebut sebagai agregat datar. Rasio berat total agregat yang mengalir melalui celah tertentu dengan jumlah bobot secara keseluruhan agregat yang terhambat di celah dengan bobot yang wajar dalam kondisi yang ideal dikenal sebagai indeks serpihan.

3. Material Kasar

Tertahan oleh sortiran angka 4 (4,75 millimeter), fraksi agregat yang agak kasar guna mendesain akan suatu campuran memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Table 2. 1 Ketentuan Agregat Kasar (Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018)

Pengujian			Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
		Magnesium Sulfat		Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SMA	SNI 7619:2012	100/90*)
		Lainnya		95/90**)
Partikel Pipih dan Lonjong		SMA	ASTM D4791-10	Maks. 5%
		Lainnya	Perbandingan 1:5	Maks.10%
Material lolos Ayakan No. 200			SNI ASTM C117: 2012	Maks. 1%

4. Agregat halus

Pasir yang didapatkan dengan melakukan pengayakan atau penyaringan terhadap bongkahan pecahan batu dianggap sebagai Agregat halus. Agregat ini harus memiliki material yang dinilai sudah melewati ayakan di angka 4 (4,75 millimeter). Sesuai yang tertera pada tabel 2.2

Table 2. 2 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpulan 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%

B. Aspal

Bahan yang di identik warna hitam kecokelatan dianggap sebagai bitumen atau aspal sebagai memiliki sifat lunak atau viskoelastis serta mengalami pencairan apabila dipanaskan, serta mengeras kembali jika suhu menurun. Sifat viskoelastis dapat menjadikan aspal dalam melapisi serta mengikat agregat sehingga posisinya selalu terjaga, baik saat terjadinya suatu kegiatan maupun sepanjang dipergunakannya. Wignall (2003) mengemukakan ada 2 yang menjadi jenis aspal:

1. Aspal Alami

Secara alami yang bentuk karena terjadinya proses geologi yang berlangsung selama jutaan hingga ribuan tahun disebut sebagai aspal alam. Proses ini terjadi ketika kerak dari inti yang ada di bawah bumi terbawa ke bagian atas

bumi dan aspal mengalami penyusutan di antara batuan yang berpori. Aspal alam terbagi menjadi dua jenis, yaitu aspal Aspal Batuan yang berasal dari batuan pegunungan, Aspal Danau yang terdapat di dasar danau.

2. Aspal Buatan

Aspal buatan dibuat dengan cara menyedot minyak bumi, menaruhnya di tangki lapangan, kemudian memompanya ke stasiun pemompaan sebelum dipompa ke tangki penggilingan. Jenis aspal keras (AC) yang padat pada suhu antara 25 dan 30 derajat Celsius sebagai jenis yang mendominasi penggunaannya melebihi yang lainnya.

Di wilayah Indonesia terdapat berbagai jenis AC, antara lain: AC pen 40/50, 60/70, 80/100, 120/150, serta 200/300. Tetapi secara harfiah di negara ini yang umum dipergunakan yaitu AC pen 60/70 atau 80/100. Filter minyak bumi merupakan sumber persyaratan AC universal yang meliputi karakteristik yang identik, kandungan parafin tidak melebihi sekitar 2%, saat mencapai suhu 175 AC dan BC tidak ditemukan adanya busa maupun air.

C. AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Conrse)

Terletak di antara AC-WC (aspal beton lapis aus) sebagai lapisan aus dan AC-base sebagai lapisan pondasi, AC-BC difungsikan sebagai pelapis dalam perkerasan. Lapisan aus AC-WC/aspal beton merupakan salah satu jenis kombinasi aspal dimana dalam kondisi sekaran ini sering digunakan pada Disperkim yang bertugas dalam mengurus perumahan dan kawasan permukiman.

Sukirman (2003) menyatakan bahwa lapisan Laston sebagai bagian yang dapat memberi pelapisan terhadap struktur jalan raya dimana adanya suatu

campuran agregat bergradasi dan aspal yang memiliki struktur keras lalu dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu, dihamparkan, dan dipadatkan (SNI 03-1737-1989). Sebagaimana yang diungkapkan Spesifikasi Umum 2018 ketebalan nominal minimal 4 sampai 7,5 terhadap pada Laston (AC). Dimana terdapat tiga jenis yang memiliki kombinasi berdasarkan peruntukannya, sebagai berikut:

1. Laston, lapisan aus dengan ketebalan minimal 4 cm, disebut sebagai AC-WC. Permukaannya harus rata, nyaman, dan memiliki gesekan yang tinggi karena akan bersentuhan langsung dengan roda kendaraan.
2. Laston, lapisan antara dengan ketebalan nominal minimal 6 cm, dikenal sebagai AC-BC. Meskipun tidak terpapar terhadap sinar matahari, lapisan ini juga perlu diperhatikan ketebalannya dan tingkat kepadatannya guna menghindari tekanan dan tahanan dari bobot yang diperuntuhkan untuk lalu lintas, yang kemudian ditransfer ke tingkat Dasar dan Sub Grade di bawahnya.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, Lapisan ini memiliki ketebalan nominal minimal 7,5 cm dan disebut sebagai AC-Base. Tujuannya adalah untuk mendukung dan mempertahankan beban kendaraan yang ditransfer dari lapisan AC-BC ke lapisan penampungan yang paling bawah.

Table 2.3 Ketetapan mengenai sifat pencampuran pada Laston
(Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Lapis Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos Ayaan 0,07 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
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		

D. Marshall Test

Tujuan pengujian Marshall adalah mengevaluasi stabilitas (ketahanan) agregat serta campuran aspal terhadap deformasi plastik (aliran). Aliran, yang diukur dalam milimeter atau 0,01 inci, adalah perubahan bentuk maupun tingkat kelenturan dalam suatu campuran ditinjau sesuai keadaan dengan tidak adanya beban ke total beban secara keseluruhan. Pengujian ini memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang sifat mekanis dan fisik campuran aspal. Teknik pemantauan terpopuler serta banyak digunakan ketika disituasi sekarang yaitu mengenai uji Marshall. Popularitasnya disebabkan oleh alat yang sederhana dan mudah dipindahkan, sehingga praktis untuk digunakan di berbagai lokasi.

1. Pengujian Marshall

- a. Menghitung bobot suatu volume terhadap benda yang akan diteliti

- b. Menilai suatu tingkat kekuatan maupun stabilitas beton aspal dalam menahan bobot yang telah ditentukan sebelum terjadi deformasi plastis.
- c. Pengujian aliran, yang mengukur bagaimana beban menyebabkan beton aspal berubah bentuk secara plastis hingga mencapai batas keruntuhan.
- d. Dihitung soal Marshall, yang membandingkan angka suatustabilitas serta aliran.
- e. Menentukan beberapa ragam volume yang berpori terhadap beragam jenis yang dinamakan beton aspal, seperti beberapa diantaranya meliputi VFA, VIM, VMA, dan, untuk mengevaluasi kadar aspal dan udara dalam campuran
- f. Menentukan ketebalan lapisan atau film aspal

2. Langkah-Langkah Uji Marshall

- a. Diawali dengan menyiapkan sampel: Menyiapkan campuran beton aspal dengan kadar aspal yang sesuai dan memanaskan campuran hingga mencapai suhu yang diperlukan.
- b. Pemadatan sampel: Memadatkan campuran beton aspal ke dalam cetakan menggunakan alat pemadat dengan jumlah tumbukan yang telah ditentukan.
- c. Penyejukan sampel: Setelah pemadatan, sampel didinginkan pada suhu ruangan untuk memastikan kondisi sampel yang stabil.
- d. Pengukuran berat sampel terdiri dari bobot yang tidak dalam keadaan basah, bobot permukaan atau ssd, dan bobot yang mengandung air

- e. Pemeriksaan angka stabilitas dan *flow* memakai peralatan pengetesan marshall.
- f. Pencatatan hasil, hasil pengujian dicatat dan dianalisis untuk menentukan apakah campuran beton aspal memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

3. Karakteristik Marshall

a. Kerapatan

Kepadatan ditentukan oleh keadaan keseimbangan campuran setelah mengalami kegiatan dikompresi. Tingkat kerapatan campuran dinilai dari angkat kerapatannya, yang menunjukkan minimnya rongga udara dan kekompakan material dalam campuran tersebut.

$$\text{Kepadatan} = \frac{W_m}{(W_{mssd} - W_{mpw})} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

W_m = Bobot Benda pengujian dalam kondisi dibekukan, (gr)

W_{mssd} = Bobot Benda pengujian Ssd kondisi dibekukan, (gr)

W_{mpw} = Bobot Benda pengujian yang berada di air kondisi dibekukan,
(gr)

b. Stabilitas

Kemampuan lapisan perkerasan dalam menopang terhadap perubahan sesuatu pada wujudnya karena timbulnya gaya bobot sehingga dapat beroperasi walaupun tidak menimbulkan perubahan morfologi jangka panjang, misalnya suatu hantaran atau alur, dikenal sebagai stabilitas. Sejumlah variabel, seperti gradasi agregat, kekasaran permukaan, serta bentuk dan kualitas, berpadu untuk menentukan nilai stabilitas. Stabilitas dipengaruhi oleh daya rekat, penguncian

antar agregat, gesekan antara butiran agregat, dan konsentrasi aspal campuran. Jumlah aspal yang digunakan dalam campuran memiliki pengaruh besar terhadap stabilitas. Peningkatan kadar aspal dapat meningkatkan stabilitas hingga mencapai batas optimal. Namun, jika kadar aspal melewati batas tersebut, stabilitas campuran akan menurun, menghasilkan lapisan perkerasan lebih kaku dan rawan terhadap retak. Stabilitas juga menentukan tingkat fleksibilitas lapisan perkerasan. Nilai stabilitas diukur menggunakan arloji stabilitas pada alat Marshall

c. VMA

Volume rongga diapit butiran pada suatu agregat yang berwujud padat, tidak terkecuali dibarengi oleh terdapatnya rongga udara maupun kandungan aspal yang efisien, dikenal sebagai VMA yang dinyatakan sebagai persentase dari volume seluruh campuran. Kinerja campuran sangat dipengaruhi oleh jumlah VMA. Sementara VMA yang terlalu besar dapat menurunkan stabilitas dan meningkatkan biaya produksi, VMA dengan ukuran minim atau sedikit menyebabkan kekacauan dengan kondisi dan situasi kebal. Jumlah serta suhu pemadatan, jumlah aspal dalam suatu campuran sebagai beberapa ketidak tentuan sehingga memengaruhi nilai VMA. Adanya fleksibilitas suatu campuran dan kekedapan udara dan air juga sangat dipengaruhi oleh VMA. Oleh karena itu, VMA berpengaruh langsung pada stabilitas, fleksibilitas, dan durabilitas campuran perkerasan. Untuk memastikan kualitas campuran, nilai VMA yang disyaratkan adalah minimal 14%. Adapun cara untuk mencari VMA sebagai berikut:

$$\% \text{ Rongga Diantara (VMA)} = 100 - \frac{\text{bobot Benda}(100 - \text{kadar suatu aspal})}{\text{BJ. Bulk}} \dots\dots\dots (2)$$

d. VIM

Persentase rongga udara dalam volume total campuran dikenal sebagai "Rongga dalam Campuran". Daya tahan lapisan perkerasan dipengaruhi oleh nilai VIM. Campuran menjadi lebih berpori ketika nilai VIM lebih tinggi karena terdapat lebih banyak rongga di dalamnya. Keadaan ini membuat campuran menjadi kurang padat, yang memudahkan udara dan air masuk ke dalam rongga. Hal ini pada akhirnya dapat mempercepat proses oksidasi aspal dan memperpendek umur campuran. Oleh karena itu, nilai VIM yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan penurunan daya rekat antara butiran agregat, yang memungkinkan agregat terlepas dan menyebabkan permukaan lapisan perkerasan terkelupas. Di sisi lain, kebocoran dapat terjadi akibat nilai VIM yang terlalu rendah. Karena sifat termoplastiknya, aspal kehilangan viskositas pada suhu tinggi. Jika lapisan perkerasan mengalami tekanan lalu lintas, aspal dapat dipaksa ke permukaan, sehingga menurunkan kualitas perkerasan. Hal ini terjadi akibat rongga yang tidak memadai sehingga mencegah penyerapan aspal yang memadai. Karena rongga yang terlalu besar dapat mempercepat proses oksidasi aspal, nilai VIM yang lebih tinggi dari batas yang diizinkan juga dapat memperpendek umur lapisan perkerasan. Nilai VIM dapat ditemukan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Rongga Terhadap (VIM)} = 100 - \frac{\text{Berat Isi Benda}}{\text{Bj. Benda Uji}} \dots\dots\dots (3)$$

e. VFA

Bagian ruang dalam suatu campuran dengan adanya kandungan aspal yang selama proses dipadatkan dikenal sebagai VFA. Drayang yang dibutuhkan dan volus yang diperlukan terhadap proses pemadatan serta dan kandungan aspal dalam

campuran merupakan beberapa variabel yang memengaruhi nilai VFA. VFA merupakan komponen utama dalam mengendalikan kualitas elastis campuran serta ketahanannya terhadap udara dan air. Banyaknya ruang yang ditempati oleh aspal ketika nilai VFA akan mengalami kenaikan, yang meningkatkan kekedapan udara dan air campuran serta fleksibilitas dan keawetan perkerasan. Namun, campuran dapat mengalami bleeding jika nilai VFA terlalu tinggi, yang terjadi ketika beban diberikan dan aspal dipaksa ke permukaan, terutama pada cuaca panas. Di sisi lain, nilai VFA yang sangat rendah mengurangi impermeabilitas campuran karena lapisan film aspal yang tipis lebih rentan retak di bawah tekanan lebih lanjut.

$$\text{Rongga Terisi Aspal} = \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

f. Kelelehan (*flow*)

Perpindahan vertikal yang terjadi pada objek uji pada awal pembebanan diukur dengan aliran. Deformasi ini mencerminkan sejauh mana lapisan perkerasan berubah bentuk akibat beban yang diterimanya, yang pada akhirnya dapat memengaruhi durabilitas lapisan tersebut. Kualitas Marshall lainnya seperti stabilitas, VIM, dan VFA terkait erat dengan deformasi ini. Jumlah dan suhu pemadatan yang diterapkan pada campuran, gradasi agregat, konsentrasi dan viskositas aspal, dan parameter lainnya semuanya memengaruhi nilai aliran. Kualitas kaku dan getas biasanya terlihat pada campuran dengan suhu leleh rendah dan stabilitas tinggi. Di sisi lain, campuran yang memiliki stabilitas rendah tetapi titik leleh tinggi biasanya lebih lunak dan rentan terhadap deformasi di bawah tekanan lalu lintas. Mengurangi nilai aliran dipengaruhi oleh kepadatan campuran yang ideal, jumlah aspal yang memadai, dan stabilitas yang memadai. Campuran

akan menjadi lebih kaku dengan nilai aliran rendah, meningkatkan kemungkinan retak pada lapisan perkerasan. Campuran dengan nilai aliran tinggi, di sisi lain, menciptakan lapisan perkerasan plastik yang lebih rentan terhadap deformasi, termasuk pembentukan alur atau gelombang. Pengukur aliran dibaca untuk mendapatkan nilai aliran ini.

g. MQ

Marshall Quotient sebagai perolehan kesamaan pengukuran aliran dan kesetimbangan. Derajat fleksibilitas campuran ditunjukkan oleh nilai MQ. Semakin kaku campuran, semakin tinggi nilai MQ. Di sisi lain, kombinasi yang lebih fleksibel ditunjukkan oleh nilai MQ yang lebih rendah. Stabilitas dan aliran menentukan nilai MQ, dan 250 kg/mm adalah standar minimal yang dibutuhkan. Perkerasan lebih mungkin mengalami masalah seperti wasboarding, rutting, dan bleeding jika nilai MQ kurang dari 250 kg/mm, yang dapat mengurangi kinerja dan durabilitas lapisan perkerasan. Untuk mencari nilai MQ sebagai berikut.

$$\text{Marshall Quotient} = \text{Stabilitas} / \text{Flow} \dots\dots\dots (5)$$

E. Penelitian Terdahulu

1. Rais Rachman, Gabriel Pabia Palimbunga, Alpius, 2020. Judulnya "Agregat Sungai Batu Tiakka yang Digunakan terhadap kolaborasi AC-BC". Perihal: Fitur pemakaian Agregat Sungai Batu Tiakka terhadap kolaborasi AC-BC. Material perkerasan agregat Sungai Batu Tiakka di Kec. Saluputti mencakup Spesifikasi UBM 2018 untuk digunakan material susunan perkerasan jalur. Sifat-sifat kombinasi AC-BC dengan takaran aspal 5,% sampai dengan 7% ditentukan dengan menggunakan pengujian Marshall. Kombinasi AC-BC

dengan takaran aspal ideal 7,% memperoleh IKS sebesar 93,47% pada uji rendam Marshall, dengan mencukupi nilai Spesifikasi UBM 2018 sebesar 90%. Berdasarkan perolehan kajian, sehingga dikatakan sebagai Sungai Batu Tiakka, Kec. Saluputti secara keseluruhan telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Jalan Raya tahun 2018.

2. Fani, L.A., dkk., 2019. "Pemanfaatan Agregat Sungai Wanggar terhadap Material kombinasi AC-WC dan AC-BC di Kabupaten Nabire" adalah judulnya. Tentang: pemanfaatan pasir dan batu dari kali Wanggar untuk menganalisis sifat-sifat kombinasi Laston AC-WC serta AC-BC. Berdasarkan perolehan pengujian, material dipakai menggunakan batu apung sebagai filler memenuhi persyaratan umum Peraturan Daerah Bina Marga 2018. Sifat-sifat kombinasi Laston AC-WC yang memiliki bobot aspal 6,50% serta kombinasi Laston AC-BC yang memiliki bobot aspal 5,14% ditentukan dengan uji Marshall. Kombinasi Laston AC-WC serta Laston AC-BC lolos uji Marshall IP serta IKS tentunya hasil tersebut telah berada di atas kriteria $\geq 90\%$. Dengan nilai masing-masing sebesar 95,11% dan 94,41% .
3. Roinaldy Sangle, Alpius, Ari Kusuma, 2022. Judulnya adalah "Pemanfaatan Agregat Sungai Messawa Kab. Mamasa terhadap kombinasi AC-BC". Tentang: Dengan penekanan pada campuran AC-BC, penelitian ini mengkaji sifat-sifat agregat, aspal, serta tingkat kepadatan filler guna mengkombinasikan perkerasan jalan. Kombinasi AC-BC yang memakai kerikil disekitar lokasi kanal Messawa mencapai spesifikasi Jalan Raya 2018, menurut hasil pengujian laboratorium diterapkan pada Lab. Jalan serta Aspal UKI-Paulus Makassar.

4. Imam Fadly, Adral Rahmat, 2022. Studi Kasus: Agregat Sungai Saddang, Kabupaten Enrekang "Analisis Material Agregat pada Campuran Aspal Beton-Binder Course" Perihal: ciri-ciri kolaborasi aspal yang berbeton AC-BC menghasilkan nilai stabilitas minimum sebesar 1179,10 kg terhadap takaran aspal 5,5% dan dengan angka rata-ratamaksimum sebesar 1458,11 kg terhadap takaran aspal 5%. Nilai VMA sebesar 17,95% pada kadar aspal maksimum 6,5% dan 15,54% pada kadar aspal minimum 4,5%. Pada prosentase aspal 4,5% nilai VIM tertinggi senilai 6,43%, sedangkan terhadap takaran aspal 6,5% terendah senilai 3,91%. Untuk komposisi aspal minimum 4,5%, nilai VFB adalah 62,31%, dan terhadap takaran aspal maksimum 6,5% mencapai 77,88%. Untuk takaran aspal 5,5%, nilai flow maksimum adalah 3,56 mm, sedangkan untuk takaran aspal 6,5%, nilai flow minimum adalah 3,34 mm. Nilai MQ adalah 435,09 mm/kg untuk takaran terhadap aspal 5%, yang merupakan nilai tertinggi, dan 331,42 mm/kg pada kadar aspal 5,5%. 5,85% merupakan KAO yang dicapai.
5. Sukarman Sumiati, 2014. Dampak susunan agregat pada angka khas aspal beton (AC-BC) adalah judulnya. Perihal: C Berdasarkan karakteristik VFA, VIM, serta VMA, dan Marshall Quotient, serta Stabilitas hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran agregat gradasi penuh, kasar, dan halus masih berada dalam Spesifikasi UPJ 2010. Namun, beberapa kategori kombinasi tersebut memiliki perbedaan dalam hal tertentu. Berbeda dengan kombinasi gradasi penuh dan gradasi halus, campuran agregat gradasi kasar memiliki angka Marshall Quotient jauh diangka yang dinilai tinggi. Campuran gradasi

kasar memiliki aliran yang lebih besar dan stabilitas yang relatif lebih rendah. Hal ini selanjutnya menunjukkan bahwa campuran dengan nilai Marshall Quotient yang rendah kurang kaku dan karenanya lebih rentan terhadap deformasi (perubahan bentuk) di bawah tekanan lalu lintas. Fleksibilitas tinggi ditunjukkan dengan nilai Marshall Quotient yang rendah, tetapi juga dapat menjadi tanda kemungkinan masalah deformasi, seperti terbentuknya gelombang atau alur pada lapisan perkerasan, terutama saat suhu tinggi atau beban berat.

6. Fani, L.A., Alpius, Irianto, Elizabeth, 2019. Judul: "Pemanfaatan Material Campuran AC-WC serta AC-BC pada Agregat kali Wanggar, Kab. Nabire." Perihal: Sifat agregat kombinasi Laston AC-WC dan AC-BC berasal dari kali Wanggar di Kab. Nabire yang dinilai memperoleh persyaratan BM. Kandungan kolaborasi antara Laston AC-BC adalah sebagai berikut: 43,13% untuk agregat dengan jenis kepadatan kasar, 46,19% untuk agregat jenis kepadatan halus atau berpasir, 5,53% untuk yang berjenis filler, dan 5,14% untuk yang berjenis aspal. Sedangkan campuran Laston AC-WC memiliki 37,05% agregat kasar, 50,60% agregat halus (pasir), 5,85% filler, dan 6,50% aspal. Fitur Marshall VIM dan VMA untuk campuran AC-BC Laston tidak memenuhi persyaratan, tetapi karakteristik Marshall terkait dengan kombinasi AC-WC Laston belum sesuai dengan ketentuan parameter angka VMA terhadap persentase yang memiliki jenis aspal 4,64%. Dengan menggunakan agregat kali Wanggar dari Kab. Nabire dengan komposisi berjenis aspal 6,50% serta 5,14%, campuran AC-WC

dan AC-BC Laston mempunyai IKS / indeks perendaman berjenis jumbo (>90%), menurut kriteria Perendaman Marshall.

7. Alpius, 2021; Valentina Mangetan, Robert Mangontan. Judulnya adalah "kolaborasi Ac-BC memakai Batu Sungai Seriti, Kab. Luwu". Tentang: Persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018 telah terpenuhi dari sifat-sifat agregat dari waduk Seriti Kab. Luwu, dengan jenis atau bentuk aspal penetrasi 60/70, serta bobot tipe semen pengisi yang digunakan pada kombinasi AC-BC. Dengan menggunakan agregat dari batu waduk Seriti, Kab. Luwu, desain komposisi kolaborasi AC-BC menghasilkan bobot yang berjenis aspal optimal sebesar 6,00%, dengan prosentase agregat dengan berjenis atau tipe kasar sebesar 42,82%, agregat berjenis atau tipe halus sebesar 45,73%, adapun bahan pengisi dengan besaran nilai 5,45%. Rincian UBM 2018 terpenuhi dari kekuatan kolaborasi yang berjenis aspal, kelelahan, VIM, VMA, serta VFB, sebagaimana ditentukan berdasarkan nilai uji karakteristik kolaborasi AC-BC yang diperoleh yang dilakukan di Lab. Jalan dan Aspal Univ. Kristen Indonesia, Paulius, menggunakan uji Marshall Konvensional.
8. Charles Kamba, Alpius, 2020. Judul: "Pendayagunaan Batu Gunung Posi' Padang Balla Kab. Mamasa sebagai kolaborasi AC-BC." Tentang: Campuran aspal dan agregat LASTON AC-BC dengan penetrasi 60/70 dari Gunung Posi' yang bermukim di wilayah Kab. Mamasa, dimana sifat-sifat yang memenuhi persyaratan Bina Marga. Kombinasi LASTON AC-BC memiliki persentase aspal ideal sebesar 7% dan terdiri dari 42,45% agregat yang berjenis kasar, 45,18% serta agregat yang berjenis halus, dan 5,36% filler. Nilai yang diperoleh

dari penelitian Marshall Immersion untuk kolaborasi Laston AC-BC sedikitnya 90% sesuai dengan persyaratan dan spesifikasi Bina Marga 2018.

9. Damanik, Krisna (2023). Judul: "pendayagunaan sampah produksi Beton terhadap Pengganti Agregat berjenis Kasar pada Karakteristik Aspal Marshall AC-BC." Tentang: Berdasarkan hasil analisis regresi, variabel bebas (kadar aspal) dapat memberikan pengaruh terhadap variabel terikat (fitur Marshall), terbukti dari nilai koefisien determinasi (R^2) yang lebih besar dari 60%. Celah terhadap kolaborasi (VIM), celah yang berada di agregat (VMA), celah hasil pengisian daspal (VFB), densitas, keterapan rata-rata, fatik, serta hasil bagi Marshall diuraikan dalam laporan ini. Sesau dengan hasil yang diperoleh kadar daspal ideal, nilai kadar daspal yang didapatkan secara optimal sebesar 5,242%: Pada kadar daspal ideal, nilai VIM sebesar 2,474%. Nilai VIM pada kadar daspal ideal adalah antara 3% dan 5%, yang melanggar Persyaratan Uji Marshall BM 1987 serta riancian UBM 2010. Pada kadar daspal ideal, nilai VMA adalah 12,828%. Nilai VMA pada kadar daspal ideal belum memenuhi riancian UBM 2010 karena angka yang ditunjukkan oleh VMA setidaknya melebihi dari nilai minimum sebesar 15%. Pada kadar daspal ideal, nilai VFB adalah 80,758%. Nilai VFB pada kadar daspal ideal telah memenuhi persyaratan karena minimal 65%.
10. Monika Datu Mirring Palinggi, Ardianto Palimbunga Pabia, dan Alpius, 2021. "Desa Batupapan, Kecamatan Makale: Kriteri kolaborasi AC-BC Menggunakan Batu Sungai Sadang" adalah judulnya. Tentang: Untuk kombinasi AC-BC, sifat agregat, berat jenis filler, dan sifat yang berjenis aspal

memperoleh nilai ketetapan kriteri UBM 2018. Dalam perolehan angka kadar berjenis aspal yang dianggap paling terdepan yang memenuhi ketentuan kriteri UBM 2018, desain komposisi campuran AC-BC memiliki kadar aspal tetap dan komposisi campurannya sendiri. Angka yang ditunjukkan terhadap kadar yang berjenis aspal terbaik yang diperoleh berdasarkan tingkat kestabilan yang terbaik, dari kolaborasi AC-BC dari uji karakteristik Marshall konvensional memenuhi persyaratan. Dengan membandingkan hasil pembagian antara Stabilitas Rendaman Marshall dan Stabilitas Marshall Konvensional yang memenuhi Standar Spesifikasi UBM 2018, diperoleh nilai Stabilitas Marshall residual dalam kolaborasi AC-BC.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

mekanisme yang dilakukan ini berupa eksperimen, yaitu sebagai strategi yang diperuntuhkan di laboratorium guna melihat kesenjangan yang terjadi terhadap sebab serta akibat pada penelitian keterkaitan variabel. Berdasarkan kriteria sesuai dengan aturan yang berlaku, prosedur penelitian dilakukan melalui memperkirakan sejumlah percobaan terhadap sifat-sifat material yang digunakan. Untuk mendapatkan kadar aspal yang ideal, dibuat pula tiga sampel dengan kadar aspal yang berbeda.

Tabel 3. 1 Sampel Penelitian

No.	Kadar Aspal (%)	Sampel
1	4.0	3
2	4.5	3
3	5.0	3
4	5.5	3
5	6.0	3
6	6.5	3
7	7.0	3
Jumlah Sampel		21

B. Waktu serta Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Lab. Jalan serta Aspal Fakultas Teknik Umpar yang terjadi di bulan September dan berakhir di Oktober 2024.

C. Peralatan dan Bahan

1. Peralatan

Alat-alat berikut akan digunakan untuk melakukan inspeksi material:

- a. Alat uji agregat seperti: Timbangan (ketelitian 0,01 gram), Oven, Keranjang, Talang air, Piknometer/gelas ukur 500 mililiter, Mesin abrasi di Los Angeles, Bola baja, Ayakan yang tersedia adalah sebagai berikut: 1½", 1", ¾", ½", 3/8", 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200, Panci, Sendok material, serta Sieve shacker, mesin ayakan getar.
- b. Peralatan uji aspal, seperti termometer dan kompor gas, Piknometer, Wadah kaca yang dapat menahan pemanasan mendadak, Timbangan, Cincin yang terbuat dari kuningan, Bola baja, Dudukan benda uji yang dilengkapi pelat dasar dan pemandu bola baja, Alat untuk penetrasi, serta Stopwatch, atau pengukur waktu
- c. Alat uji Marshall, seperti: Kompor, Sodek dan penggorengan, Cetakan yang berbentuk silinder, Kompor gas, Dongkrak hidrolik, atau pengangkut briket, Penangas air, serta satu set alat Marshall terdiri dari kepala pengepres lengkung, cincin uji berkapasitas 2500 kg, dan jam tekanan, serta jam untuk menunjukkan nilai leleh.

2. Bahan

- a. Agregat yang bertipe kasar (jenis Stone Crusher) di Desa Uluale, Kabupaten Sidenreng Rappang.
- b. Agregat halus yang digunakan adalah Kabupaten Sidenreng Rappang.

- c. Material filler yang bertipe semen (Portland Cement) tingkat kelulusan di penyaring bernomor 200.
- d. Aspal yang bertipe keras (60/70) angka penetrasinya.

D. Prosedur Penelitian

Tahap pemeriksaan bahan material agregat dan aspal. Berikut perolehan yang telah diterapkan dalam pengujiannya:

1. Pemeriksaan karakteristik agregat kasar

- a. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Tujuan analisis yaitu menentukan serta mengamati berat jenis curah, kering, semu, air terhadap serapan agregat yang bertipe kasar. Berikut ini adalah metodologinya:

- 1) Mempersipkan peralatan serta perlengkapan.
- 2) Bersihkan kotoran yang tertempel serta debu terhadap agregat dengan menyaring benda uji, pilih yang tertinggal di saringan No. 4, lalu cuci.
- 3) Contoh uji direndam dalam air selama seharian.
- 4) Setelah direndam selama seharian, gunakan kain untuk membersihkan lapisan air permukaan agregat (dalam keadaan SSD kering), lalu timbang.
- 5) Timbang berat keranjang kosong.
- 6) Timbang keranjang dan benda uji yang berada di air.
- 7) Masukkan perlengkapan pengujian yang berada di pemanasan drajat berkisar 110°C dalam wantu 12x2 jam dan keluarkan serta dinginkan lalu timbang bobt benda tersebut dengan menerapkan uji kering oven.

b. Keausan agregat kasar (abrasi)

Uji ini memakai suatu alat yang canggi disebut sebagai mesin Los Angeles berguna dalam seberapa kuat agregat yang bertipe kasar ditinjau dari benturan atau gesekan (keausan). Berikut ini adalah metodologi pengujian:

- 1) Lakukan prosedur pengayakan setelah membawa benda uji ke lapangan.

Total agregat adalah 5000 gram, yang sama dengan jumlah 2500 gram yang tertahan oleh saringan $\frac{1}{2}$ " dan jumlah 2500 gram yang tertahan pada saringan $\frac{3}{8}$ ".

- 2) Menyisipkan peralatan yang adakan diteliti dalam pemanggang dengan drajar 110°C selama $\pm 2 \times 12$ jam, biarkan dingin, lalu timbang.
- 3) Isi mesin Los Angeles dengan pengujian suatu benda serta sebelas bola berjenis baja. Setelah itu, putar peralatan tersebut sebanyak 500 kali.
- 4) Setelah benda uji berputar, keluarkan dari mesin dan gunakan saringan No. 12 untuk menyaringnya.
- 5) Setelah tertahan oleh saringan no. 12, dibersihkanlah peralatan tersebut serta dimasukkan ke di alat pengeringan kondisi drajat 110 derajat Celsius waktu pengeringan $\pm 2 \times 12$ jam.
- 6) Benda diuji ditimbang setelah dikeluarkan dari oven.

c. Analisis saringan

Berikut ini adalah metodologi pengujian:

- 1) Ambil contoh agregat kasar dengan bobot 1500 gr.
- 2) Material yang akan diuji dihilangkan kadar airnya terlebih dahulu ke dalam pengering dengan drajat 110°C selama $\pm 1 \times 12$ jam.

- 3) Penyaring disortir dari besar ke kecil sesuai dengan ketentuan.
- 4) Material yang akan dilakukan pengujian dituang ke saringan.
- 5) Gunakan vibrator untuk menyaring benda uji selama lima belas menit.
- 6) Bersihkan debu yang beterbangan setelah membiarkan benda uji diam beberapa saat.
- 7) Timbang setiap agregat jika terdapat serpihan di sela-sela saringan.

2. Analisis sifat agregat halus

a. Berat jenis dan penyerapan agregat halus

Berikut ini adalah metodologi pengujiannya:

- 1) Ambil contoh benda uji.
- 2) Saring benda uji sebanyak 250 gram yang lolos saringan No. 4.
- 3) Bersihkan material yang akan dilakukan pengujian guna memisahkan bagian yang tidak diperlukan di permukaan agregat.
- 4) Rendam benda uji selama $\pm$ hari.
- 5) Benda uji ditebarkan di luar dan diaduk selama sehari penuh untuk mendapatkan benda uji dengan kondisi SSD.
- 6) Tentukan berat kosong piknometer.
- 7) Tambahkan air ke dalam piknometer, timbang piknometer dan air, dan catat hasilnya.
- 8) Air yang berada dalam picnometer dikeluarkan, kemudian memasukkan sampel kedalam picnometer lalu masukkan air hingga penuh kemudian ditimbang.
- 9) Mengeluarkan benda uji kemudian di keringkan menggunakan kain.

10) Masukkan benda uji di oven kurang lebih 2x12 jam dengan drajat 110°C.

11) Setelah 24 jam, keluarkan benda uji kemudian timbang beratnya.

b. Analisa saringan

Fungsi adanya analisis ini agar dapat menggunakan saringan guna melihat tingkat perkembangan atau pendistribusian butiran agregat. Berikut ini adalah metodologi pengujian:

- 1) Timbang benda uji hingga 1500 gram.
- 2) Sortir saringan dari besar ke kecil sesuai dengan spesifikasi.
- 3) Masukkan zat ke dalam saringan.
- 4) Gunakan vibrator untuk menyaring benda uji selama lima belas menit.
- 5) Singkirkan debu yang beterbangan dengan membiarkan benda uji berdiri selama beberapa saat.
- 6) menimbang agregat yang singgah diatas tiap saringan.

3. Pemeriksaan karakteristik aspal

a. Berat jenis aspal

Berikut cara pemrosesan berdasarkan bobot jenis aspal:

- 1) Memanaskan sampel aspal secara hati-hati disertai pengadukan secara merata dengan ketentuan mencapai suhu 110 °C.
- 2) Setelah mencair, aspal dituang kedalam piknometer hingga terisi 2/3 bagian.
- 3) Mendinginkan sampel dengan cara mendinginkannya beberapa menit
- 4) Timbang picnometer yang berisi aspal.

- 5) Air dimasukkan ke picnometer yang sebelumnya telah diisi aspal, isi sampai batas yang telah ditentukan dilanjutkan dengan menimbang.
 - 6) Bersihkan picnometer sampai tidak ada lagi aspal tersisa didalamnya. Setelah bersih isi air hingga penuh di dalam piknometer, lalu timbang dan catat hasilnya.
 - 7) Membersihkan piknometer, keringkan lalu timbang.
- b. Verifikasi titik lembek aspal

Tujuan dari pemeriksaan yang dilakukan tersebut agar dapat menemukan poin elastitas pada aspal, yaitu suhu saat aspal mulai melunak. Berikut ini adalah metodologi pengujian:

- 1) Panaskan sampel aspal secara perlahan lalu secara merata dilakukan pengadukan.
- 2) Aspal dilihat telah mencair lalu diletakkan di atas pelat kaca dalam dua cincin.
- 3) Selama setengah jam, pertahankan kedua cincin pada suhu minimal 8° C di bawah titik lembek.
- 4) Pisau panas digunakan untuk meratakan permukaan sampel di dalam cincin setelah dingin.
- 5) Letakkan semua peralatan di dalam bejana kaca setelah memasang dan memposisikan kedua benda uji pada dudukan dan pemandu bola di atasnya.
- 6) Tambahkan air suling segar ke dalam bejana, pastikan suhunya minimal $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

- 7) Jepit kedua benda uji dengan termometer.
- 8) Letakkan bola baja di lingkungan bersuhu 5°C.
- 9) Panaskan wadah hingga suhu naik 5°C setiap menit.
- 10) Percobaan dihentikan dan hasilnya dicatat setelah bola menyentuh dasar wadah sebagai bagian dari pendidihan yang terjadi.

c. penilaian kehilangan bobot aspal

Berikut cara yang diterapkan dalam melakukan pengujian kehilangan berat aspal:

- 1) Timbang cawan kosong.
- 2) Memanaskan aspal keras perlahan-lahan serta aduk sesekali dengan tujuan agar dapat mencair sehingga mudah dituang.
- 3) Ketika aspal telah mencair secara merata, lalu dituangkan ke cawan yang telah disiapkan dan diamkan hingga dingin.
- 4) Setelah dingin timbang benda uji.
- 5) Setelah sampel aspal ditimbang, cawan + contoh aspal dioven selama ± 5 jam.
- 6) Sampel didinginkan pada suhu ruang, kemudian ditimbang.

d. Pemeriksaan penetrasi aspal

Prosedur pengujian meliputi:

- 1) Aspal keras harus dipanaskan dan diaduk hingga cukup cair untuk dituang. Untuk mencegah masuknya udara ke dalam aspal cair, aduk perlahan-lahan.

- 2) Setelah aspal keras cair terdistribusi merata, pindahkan ke dalam cangkir yang telah disiapkan dan biarkan dingin.
- 3) Tutupi benda uji untuk mencegah penumpukan debu dan biarkan pada suhu ruangan selama satu jam.
- 4) Letakkan benda yang diuji dalam bak rendam yang telah dipanaskan hingga mencapai suhu yang tepat.
- 5) Untuk memastikan penyemat penusuk dapat dipasang dengan benar, periksa kondisi gagang jarum. Mensterilkan jarum penusuk melalui toluena serta indikator larutan lainnya, lalu menjemur memakai kain yang steril sebelum meletakkannya terhadap dudukan penyemat.
- 6) Letakkan benda uji di bawah instrumen penusuk dalam wadah air.
- 7) Turunkan jarum secara perlahan hingga menyentuh permukaan benda uji.
- 8) Saat pengatur waktu berjalan selama lima detik yang ditentukan, lepaskan pegangan jarum.
- 9) Baca angka penetrasi yang sesuai dengan jarum dengan memutar jam penetrometer. 10) Keluarkan jarum dari tempatnya dan siapkan alat penusuk untuk tugas berikutnya.
- 10) Selesaikan tugas tersebut sebanyak lima kali terhadap material yang akan dilakukan pengujian, pastikan ada celah setidaknya satu sentimeter di setiap titik pemeriksaan dan tepi dinding.

4. Pengujian marshall

Uji Marshall digunakan dalam mengidentifikasi sifat kolaborasi serta jumlah aspal yang ideal untuk dimasukkan ke dalam campuran. Berikut ini adalah metodologi pengujian:

- a. Keluarkan benda uji dari cetakan.
- b. Bersihkan kertas saring.
- c. Tentukan ketebalan benda uji dari masing-masing tiga sisinya.
- d. Timbang benda uji baik dalam keadaan kering maupun basah.
- e. Setelah direndam selama sepuluh hingga lima belas menit, benda uji ditimbang menggunakan SSD.
- f. Rendam material yang akan dilakukan pengujian kurang lebih 30 hingga 40 menit pada kondisi suhu sekitar 60°C dalam penangas air. Lima menit kemudian, masukkan benda uji yang baru. Langkah 6 harus diulang hingga benda uji terakhir.
- g. Letakkan benda uji ke dalam cetakan agar Marshall dapat mengujinya.
- h. Nyalakan instrumen uji Marshall hingga benda uji terpasang erat pada cincin pembuktian, lalu matikan dan atur ulang pembacaan ke nol.
- i. Nyalakan kembali instrumen hingga jarum pembacaan tetap diam atau tidak turun, lalu matikan dan catat pengukuran aliran dan stabilitas.
- j. Keluarkan benda uji setelah menormalkan alat sekali lagi.
- k. Analisis sifat campuran dan berat jenis.
- l. Buat grafik yang menunjukkan korelasi antara kadar aspal dan sifat campuran yang dianalisis.

- m. Isi grafik dengan data spesifikasi.
- n. Pastikan kadar aspal ideal campuran.
- o. Selanjutnya, hitung ulang sifat campuran berdasarkan grafik dan jumlah aspal ideal.

E. Teknik Pengumpulan Data

1. Pengumpulan data sekunder

Prosedur yang digunakan pada tahap ini meliputi pengumpulan data baku sesuai dengan pedoman yang berlaku dan mencari literatur yang relevan dengan pokok bahasan penelitian. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mengumpulkan data dan referensi yang akan membantu penelitian dilaksanakan secara menyeluruh.

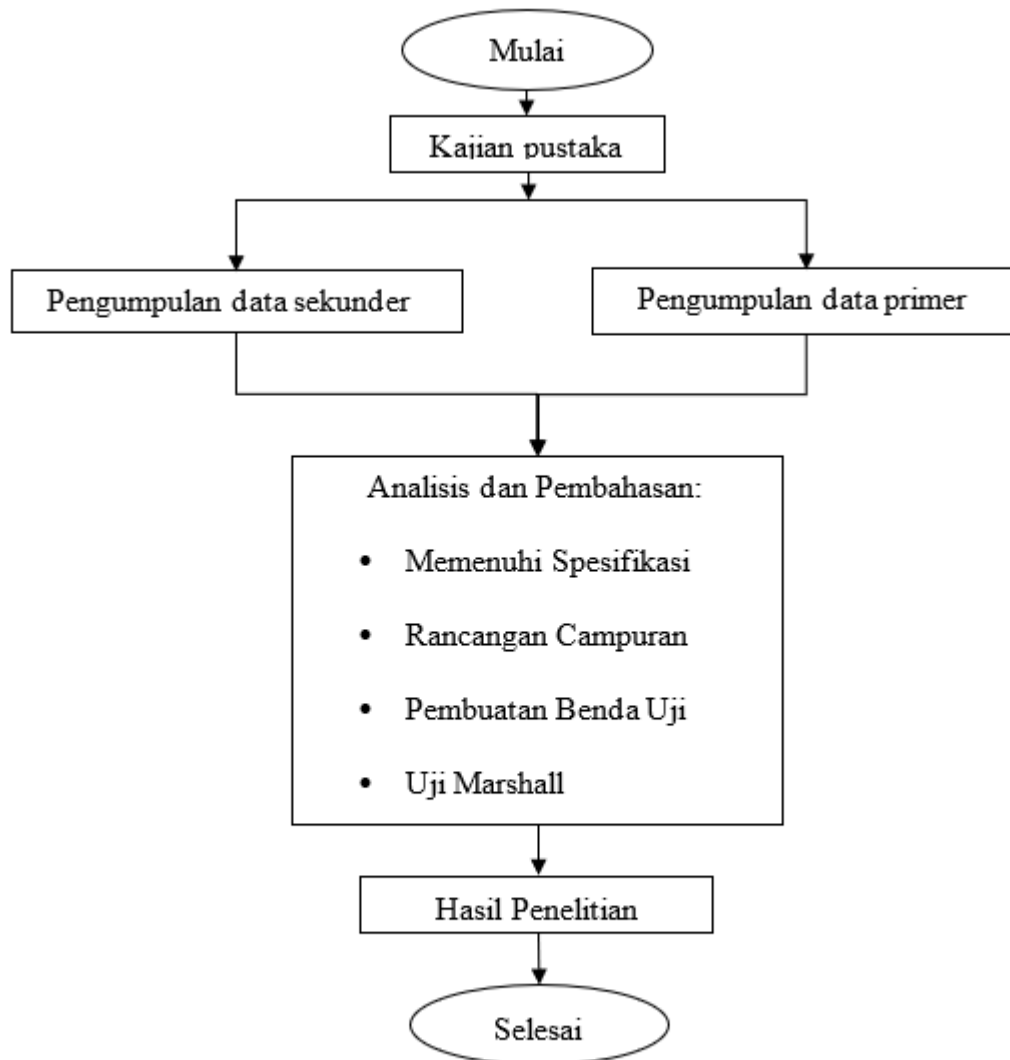
2. Pengumpulan data primer

Di lab. Jalan serta Aspal Umpan, saat ini informasi secara primer dikumpulkan dari hasil pengujian, khususnya: a. Penyerapan agregat serta bobot jenisnya; b. Analisis saringan pada suatu agregat; c. Pemeriksaan yang berjenis kasar; d. Pemeriksaan perembesan yang berjenis aspal; e. Pemeriksaan poin yang memiliki jenis lembek; f. Pemeriksaan bobot jenis aspal g. Pemeriksaan kehilangan bobot aspal; serta h. Pemeriksaan Marshall

F. Teknik Analisis Data

Metode Marshall adalah proses usaha melalui pemeriksaan data. Dalam hal ini, Bruce Marshall, menciptakan konsep uji Marshall. Proses desain campuran harus memperhitungkan sifat-sifat campuran beton aspal, seperti stabilitas, aliran, kepadatan, dan faktor-faktor lain yang mendukung kinerja perkerasan jalan, untuk memproduksi beton aspal berkualitas tinggi.

G. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Dalam penelitian ini, bobot tipe agregat yang berwujud kasar dan yang berwujud halus diuji guna mengetahui bobot tipe serta penyisipan agregat.

1. Berat jenis agregat kasar 1-2

Tabel 4.1 di bawah ini menampilkan perolehan terhadap sesuatu yang diuji agregat yang berbentuk kasar 1-2 menurut ketentuan spesifikasi Bina Marga 2018

Tabel 4. 1 Daya serap 1-2 serta bobot klasifikasi agregat yang berbentuk kasar (Sumber: Hasil pemeriksaan lab. tahun 2024)

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Sat.	Ket.
1	Berat jenis bulk	2.60	Min 2.5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2.73			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2.75			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	2.15	Maks. 3	%	Memenuhi

Berat jenis curah dari kesatuan beberapa element yang berbentuk kasar 1-2 senilai 2,73 gr, dengan bobot klasifikasi jenuh kering permukaan senilai 2,76 gr, bobot klasifikasi semu sebesar 2,81 gr, dengan daya serap senilai 1,01%, berdasarkan hasil uji bobot klasifikasi. Dengan demikian, dapat dikatakan agregat kasar yang perlukan terhadap hasil pemeriksaan telah memenuhi baku mutu dengan klarifikasi dipersyaratkan untuk campuran perkerasan jalan.

2. Berat jenis agregat kasar 0,5-1

Tabel 4.2 di bawah ini menampilkan perolehan terhadap sesuatu yang diuji agregat yang berbentuk kasar 0,5-1 menurut ketentuan spesifikasi Bina Marga 2018:

Tabel 4. 2 Daya serap 0,5-1 serta berat jenis agregat yang berbentuk kasar (Sumber: Hasil pemeriksaan lab. tahun 2024)

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

Berat jenis bulk senilai 2,56 gr, berat jenis permukaan senilai 2,60 gr, bobot klasifikasi semu senilai 2,66 gr, adapun bagian penyerapan senilai 1,47% berdasarkan uji berat jenis agregat yang berbentuk kasar 0,5-1. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa agregat yang berbentuk kasar terhadap pemakaian terhadap proses penganalisis ini dikatakan memenuhi mutu sesuai dipersyaratkan untuk campuran perkerasan jalan.

3. Berat jenis agregat halus

Sesuai dengan jenisnya ditampilkan perolehan pengujian agregat yang berbentuk halus berdasarkan ketentuan spesifikasi Bina Marga 2018:

Tabel 4. 3 Daya serapan agregat yang berbentuk halus serta berat jenis (Sumber: Hasil uji lab. tahun 2024)

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Sat.	Ket.
1	Berat jenis bulk	2.65	Min 2.5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2.67			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2.70			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	0.78	Maks. 3	%	Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian, agregat halus memiliki berat jenis bulk 2,65 gram, berat jenis kering permukaan 2,67 gr, berat jenis semu 2,70 gr, serta serapan 0,78%. Dengan demikian, dapat dikatakan agregat yang berbentuk halus yang digunakan pada penelitian ini telah sesuai klasifikasi, sesuai dipersyaratkan untuk campuran perkerasan jalan.

B. Pemeriksaan keausan agregat kasar (abrasi)

Kekuatan hancur agregat berkorelasi langsung dengan pengujian abrasi, yaitu pengujian yang digunakan untuk mengukur ketahanan agregat terhadap erosi atau keausan. Secara umum, agregat yang memiliki kuat hancur yang tinggi cenderung memiliki daya tahan terhadap kikisan yang besar, karena agregat tersebut lebih tahan terhadap perubahan bentuk atau kerusakan akibat gesekan dan tekanan. Pentingnya dipastikan suatu kualitas agregat dalam hasil pengujian abrasi tersebut yang digunakan pada suatu pencampuran benton ataupun aspal, serta ketahanan lapisan perkerasan terhadap keausan yang disebabkan oleh lalu lintas kendaraan.

Tabel 4. 4 Hasil uji agregat abrasi (kasar) 500 putaran (Sumber: Hasil uji lab. tahun 2024)

Saringan		Berat		Spesifikasi
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 TertahanBerat Tertahan		5000	4205	
Saringan No. 12 (gram)				
Persen Keausan		15,9 %		

Mesin Los Angeles digunakan untuk mengevaluasi keausan agregat kasar (abrasi), dan setelah 500 putaran dengan 11 bola baja, persentase keausan adalah 15,9%, memenuhi persyaratan maksimum 30%.

C. Pemeriksaan analisis saringan agregat

Baik uji analisis saringan agregat kasar maupun halus digunakan dalam evaluasi analisis saringan agregat penelitian ini.

1. Analisa saringan agregat yang berbentuk kasar 1-2

Tabel 4. 5 Perolehan tindakan penyaringan agregat yang berbentuk kasar (Sumber: Hasil uji lab. tahun 2024)

NO Saringan	SAMPEL 1				SAMPEL 2				Rata - Rata
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos	
3/4"	0	0,00	0,00	100,00	0	0,00	0,00	100,000	100,00
1/2"	861,5	57,43	57,43	42,57	884,1	58,94	58,94	41,06	41,81
3/8"	289,5	19,30	76,73	23,27	257,2	17,15	76,09	23,91	23,59
4	218,35	14,55667	91,29	8,71	218,1	14,54	90,63	9,37	9,04
8	126,25	8,42	99,71	0,29	135,2	9,01	99,64	0,36	0,33
16	0,4	0,03	99,73	0,27	0,8	0,05	99,69	0,31	0,29
30	0,6	0,04	99,77	0,23	1,2	0,08	99,77	0,23	0,23
50	1	0,07	99,84	0,16	0,8	0,05	99,83	0,17	0,17
100	0,3	0,02	99,86	0,14	0,3	0,02	99,85	0,15	0,15
200	0,4	0,03	99,89	0,11	0,9	0,06	99,91	0,09	0,10
Pan	1,7	0,11	100,00	0	1,4	0,09	100,00	0	0,00
Jumlah	1500	100			1500	100			

2. Analisa saringan agregat yang berbentuk kasar 0,5-1

Tabel 4. 6 Perolehan proses penyaringan pada agregat yang berbentuk kasar 0,5-1 (Sumber: Hasil uji lab. tahun 2024)

NO Saringan	SAMPEL 1				SAMPEL 2				Rata - Rata
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos	
3/4"	0	0	0	100,00	0	0	0	100	100,00
1/2"	0	0	0	100,00	0	0,00	0,00	100,00	100,00
3/8"	3,1	0,21	0,21	99,79	5,9	0,39	0,39	99,61	99,70
4	835,1	55,67	55,88	44,12	828,3	55,22	55,61	44,39	44,25
8	630,1	42,01	97,89	2,11	625,2	41,68	97,29	2,71	2,41
16	28,2	1,88	99,77	0,23	35,2	2,35	99,64	0,36	0,30
30	1,3	0,09	99,85	0,15	2,3	0,15	99,79	0,21	0,18
50	0,3	0,02	99,87	0,13	0,6	0,04	99,83	0,17	0,15
100	0,5	0,03	99,91	0,09	1,2	0,08	99,91	0,09	0,09
200	0	0,00	99,91	0,09	0,2	0,01	99,93	0,07	0,08
Pan	1,4	0,09	100,00	0	1,1	0,07	100,00	0	0,00
Jumlah	1500	100			1500	100			

3. Analisa saringan agregat abu batu (halus)

Tabel 4. 7 Perolehan proses penyaringan agregat abu batu (yang berbentuk halus) (Sumber: Hasil uji lab. tahun 2024)

NO Saringan	SAMPEL 1				SAMPEL 2				Rata - Rata
	Berat Tertahan	Tertahan	Kumulatif Tertahan	Lolos	Berat Tertahan	Tertahan	Kumulatif Tertahan	Lolos	
3/4"	0	0	0	100	0	0	0	100	100,00
1/2"	0	0	0,00	100,00	0	0,00	0,00	100,00	100,00
3/8"	0	0,00	0,00	100,00	0	0,00	0,00	100,00	100,00
4	0	0,000	0,00	100,00	0	0,00	0,00	100,00	100,00
8	93,2	6,21	6,21	93,79	98,1	6,54	6,54	93,46	93,62
16	563,2	38	43,76	56,24	577,1	38,47	45,01	54,99	55,61
30	337,3	22,49	66,25	33,75	328,2	21,88	66,89	33,11	33,43
50	172,1	11,47	77,72	22,28	167,5	11,17	78,06	21,94	22,11
100	128,1	8,54	86,26	13,74	135,3	9,02	87,08	12,92	13,33
200	70,3	4,7	90,95	9,05	68,6	4,57	91,65	8,35	8,70
Pan	135,80	9,05	100,00	0	125,2	8,35	100,00	0	0,00
Jumlah	1500	100			1500	100			

D. Pemeriksaan Aspal

Berdasarkan klasifikasi Bina Marga 2018, terhadap nilai pengujian berjenis aspal AC 60-70 ditunjukkan di Tabel 4.8. Data selengkapnya tersedia:

Tabel 4. 8 Perolehan analisis berjenis aspal (*Sumber: Hasil analisis Lab. 2024*)

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Satuan	Ket.
1	Berat jenis aspal	1.0	$\geq 1,0$	gr/cc	Memenuhi
2	Titik lembek aspal	48,50	≥ 48	°C	Memenuhi
3	Penetrasi pada 25°C	69,8	60-70	0,1 mm	Memenuhi
4	Kehilangan berat aspal	0.3	$\leq 0,8$	%	Memenuhi

Berdasarkan hasil uji di atas, berat aspal yang hilang adalah 0,3%, penetrasi pada suhu 25 °C adalah 69,8 mm, titik lembek adalah 48,50 °C, dan berat jenis yaitu 1,0 gr/cc.

E. Hasil Rancangan Campuran

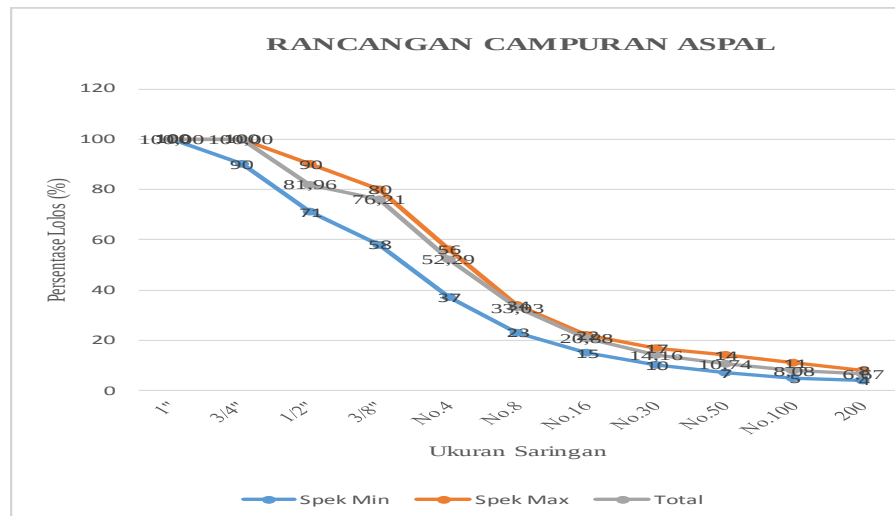
1. Hasil gradasi agregat gabungan

Distribusi ukuran partikel campuran agregat disebut sebagai gradasi agregat gabungan. Agar campuran agregat memiliki kepadatan, kualitas mekanis, dan stabilitas yang ideal, gradasi yang sangat baik sangat penting. Tabel 4.9 menunjukkan gradasi agregat yang diperoleh dari hasil evaluasi analisis saringan.

Tabel 4. 9 Persentase gradasi agregat gabungan (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

Saringan		Persentase campuran				31%	35%	30%	4%	Total	Spek AC-BC
ASTM	(mm)	Agregat 1/2	Agg. 0.5/1	Abu Batu	semen	Agg1/ 2	Agg 0.5/1	Abu Batu	Filler		
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	31,00	35,00	30,00	4,00	100,00	100
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	31,00	35,00	30,00	4,00	100,00	90-100
1/2"	12,5	41,81	100,00	100,00	100,00	12,96	35,00	30,00	4,00	81,96	71-90
3/8"	9,5	23,59	99,70	100,00	100,00	7,31	34,90	30,00	4,00	76,21	58-80
No.4	4,75	9,04	44,25	100,00	100,00	2,80	15,49	30,00	4,00	52,29	37-56
No.8	2,36	0,33	2,41	93,62	100,00	0,10	0,84	28,09	4,00	33,03	23-34
No.16	1,18	0,29	0,30	55,61	100,00	0,09	0,10	16,68	4,00	20,88	15-22
No.30	0,6	0,23	0,18	33,43	100,00	0,07	0,06	10,03	4,00	14,16	10-17
No.50	0,3	0,17	0,15	22,11	100,00	0,05	0,05	6,63	4,00	10,74	7-14
No.100	0,15	0,15	0,09	13,33	100,00	0,05	0,03	4,00	4,00	8,08	5-11
200	0,075	0,10	0,08	8,70	100,00	0,03	0,03	2,61	4,00	6,67	4-8
PAN											

Sebagai hasil analisis saringan, gradasi agregat diberikan dalam tabel di atas. Ukuran total agregat dalam campuran aspal dihitung sebagai persentase berat dari satu agregat serta terdapat batasan-batasan yang telah ditentukan yang wajib di patuhi bagi campuran AC-BC. Berdasarkan perolehan analisis agregat gabungan di atas, dapat disimpulkan bahwa campuran agregat memenuhi batasan klasifikasi Bina Marga 2018.



Gambar 4. 1 Perolehan gradasi agregat yang digabungkan
(sumber: olah data 2024).

Berikut persamaan yang diperuntuhkan dalam perkiraan kadar aspal, adapun rancangannya:

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

$$P_b = 0,035 (52,29) + 0,045 (43,71) + (4,00 \times (0,18)) + 1,0$$

$$P_b = 5,51$$

Keterangan:

P_b = Kadar aspal rencana awal

CA = Agregat kasar tertahan saringan No.4.

FA = Agregat halus lolos saringan No.4. dan tertahan No.200.

FF = Bahan pengisi (filler)

K = Nilai konstanta sekitar 0,50-1,0.

Dari hasil perhitungan kadar aspal rencana akan di buktikan dengan metode mengetes semua sampel dengan kadar aspal yang berbeda beda mulai dari 4,0% sampai dengan 7,0% dengan ketelitian 0,5

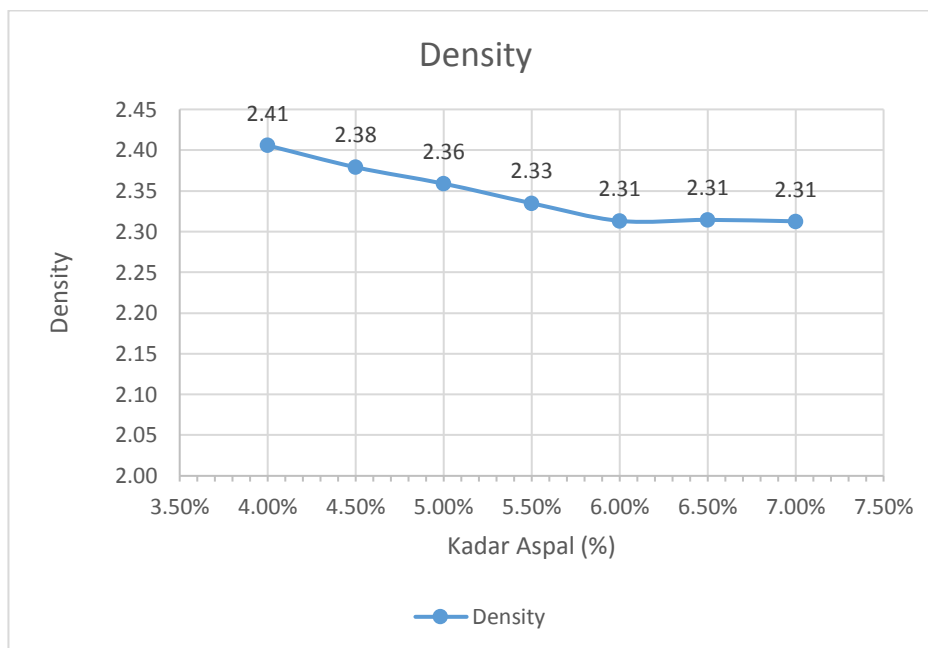
F. Hasil Pengujian Marshall

1. Kepadatan

Adapun Kepadatan atau *density* terlampir terdapat di table 4.10 berikut.

Tabel 4. 10 Kepadatan atau *density*

Kadar aspal %	Kepadatan gr/cc
4,00	2,41
4,50	2,38
5,00	2,36
5,50	2,33
6,00	2,31
6,50	2,31
7,00	2,31



Gambar 4. 2 Tingkat density
(sumber: Hasil pengujian laboratorium 2024)

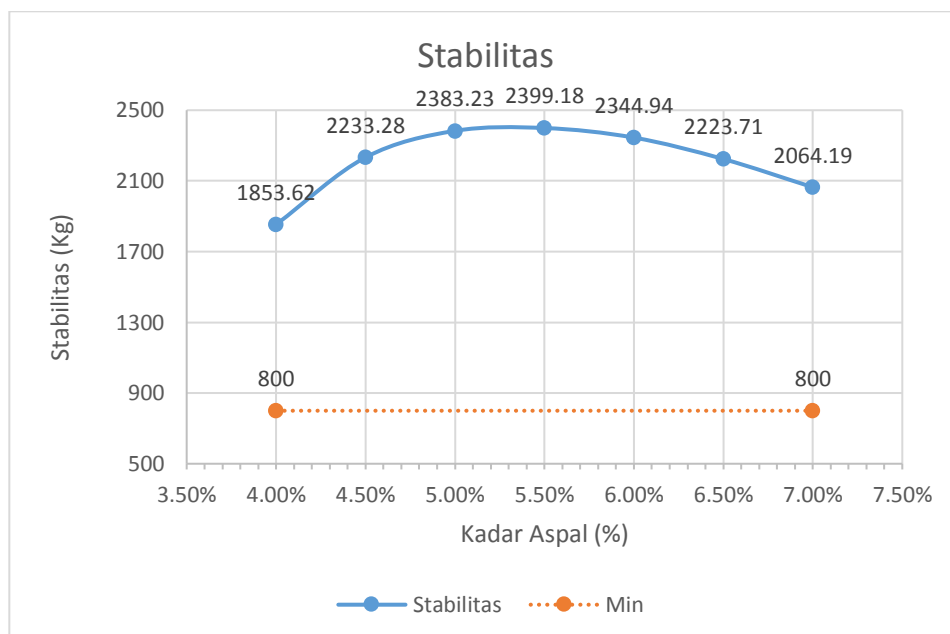
Berdasarkan hasil pengujian, nilai densitas terendah adalah 2,31% terhadap kadar aspal 6, 6,5, serta 7%, dan angka densitas terbesar adalah 2,41 pada kadar aspal 4%.

2. Stabilitas

Di tabel 4.11 terlihat Ilustrasi yang menunjukkan antara stabilitas serta kadar aspal:

Tabel 4.11 Pengolahan uji stabilitas (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Kadar aspal %	Stabilitas Kg	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
4,00	1853,62	800		Memenuhi
4,50	2233,28	800		Memenuhi
5,00	2383,23	800		Memenuhi
5,50	2399,18	800		Memenuhi
6,00	2344,94	800		Memenuhi
6,50	2223,71	800		Memenuhi
7,00	2064,19	800		Memenuhi



Gambar 4. 3 Grafik stabilitas serta kadar aspal (sumber: Olah uji lab. 2024)

Grafik dan tabel 4.11 menggambarkan adanya keterkaitan stabilitas dengan kadar aspal, adanya perubahan nilai dimana dilihat diperoleh peningkatan dilanjutkan dengan adanya penurunan dari kadar aspal 4,0% sampai dengan nilai 7,0%. Dengan kadar aspal senilai 5,5% angka kestabilannya tertinggi seberat 2399,18 kg, sedangkan kadar aspal 4% memiliki nilai stabilitas terendah yaitu 1853,62 kg.

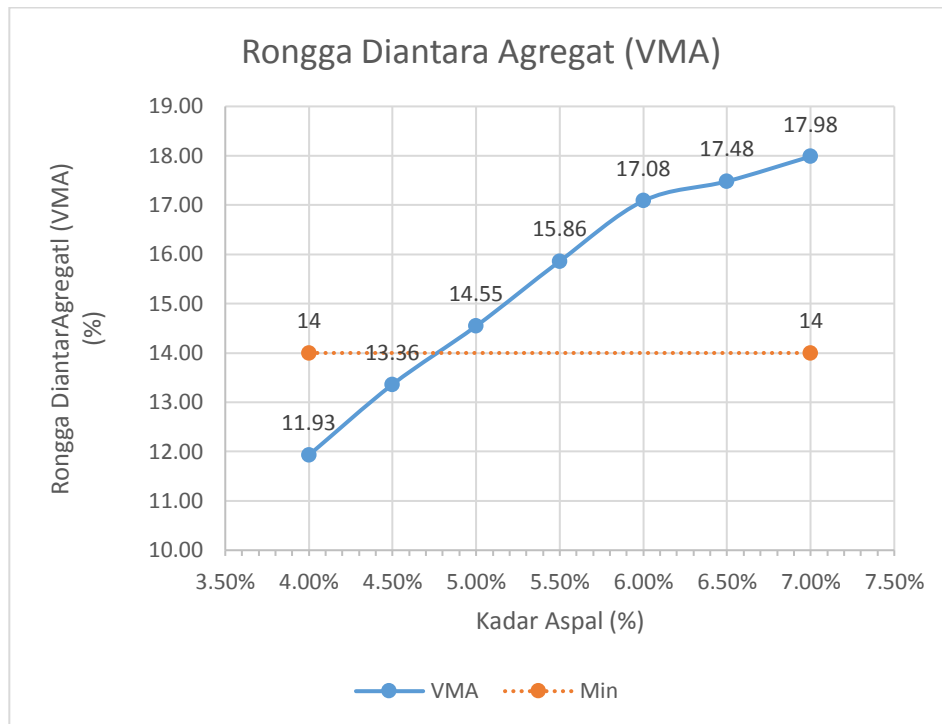
Angka yang diperoleh pada stabilitas terhadap lalu lintas secara minimum adalah 800 kg, ini sesuai dengan klasifikasi umum Bina Marga 2018. Dengan itu, dikatakan bahwa semua komposisi aspal telah sesuai dengan kriteria yang ditentukan dalam tabel 4.11.

3. Rongga diantara agregat (VMA)

Tabel 4.12 berikut menggambarkan relasasi VMA terhadap kadar aspal:

Tabel 4. 12 Hasil pengujian VMA (*sumber: Hasil pengujian laboratorium 2024*)

Kadar aspal (%)	Nilai VMA (%)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
4,00	11,93	14		Tidak memenuhi
4,50	13,36	14		Tidak memenuhi
5,00	14,55	14		Memenuhi
5,50	15,86	14		Memenuhi
6,00	17,08	14		Memenuhi
6,50	17,48	14		Memenuhi
7,00	17,98	14		Memenuhi



Gambar 4. 4 Grafik keterkaitan VMA serta kadar aspal
(sumber: Hasil pengujian lab. 2024)

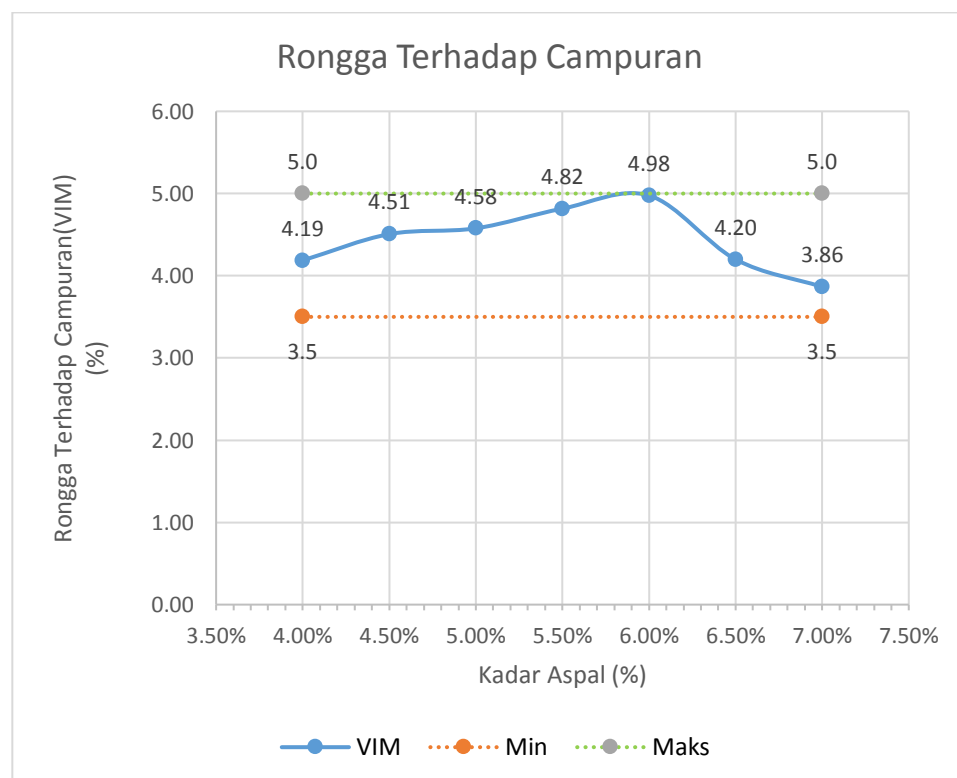
Nilai VMA terhadap kadar aspal berkisar antara 4% sampai dengan 7% ditunjukkan pada gambar 4.4, serta tabel 4.12; dengan angka VMA tertinggi mencapai senilai 17,98% terhadap kadar aspal 7%, adapun angka VMA yang mencapai angka terendah senilai 11,93% pada kadar aspal 4%. Angka terendah yang diperoleh VMA senilai 14%, hasil tersebut telah sesuai klasifikasi umum Bina Marga 2018 yang menguraikan karakteristik campuran Laston. Sesuai hasil yang diperoleh, ditetapkan bahwa kadar aspal yang digunakan terhadap penelitian yang telah dilaksanakan senilai 4%, serta 4,5% tidak memenuhi persyaratan yang tercantum pada tabel 4.12, sedangkan kadar aspal 5%–7% sudah memenuhi persyaratan.

4. Rongga terhadap campuran (VIM)

Tabel 4.13 sesuai dengan yang diperlihatkan memiliki keterkaitan pada VIM terhadap kadar aspal.

Tabel 4. 13 Hasil pengujian VIM (*sumber: Hasil pengujian laboratorium 2024*)

Kadar aspal (%)	Nilai VIM (%)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
4,00	4,19	3.5	5,0	Memenuhi
4,50	4,51	3.5	5,0	Memenuhi
5,00	4,58	3.5	5,0	Memenuhi
5,50	4,82	3.5	5,0	Memenuhi
6,00	4,98	3.5	5,0	Memenuhi
6,50	4,20	3.5	5,0	Memenuhi
7,00	3,86	3.5	5,0	Memenuhi



Gambar 4. 5 Grafik keterkaitan VIM dengan kadar aspal
(*sumber: Hasil pengujian lab. 2024*)

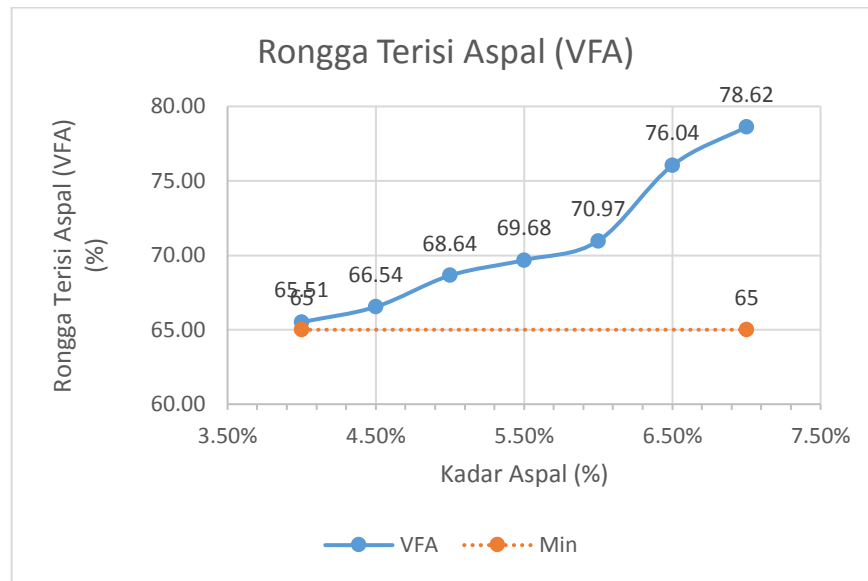
Grafik pada gambar 4.5 menggambarkan keterkaitan terhadap VIM dengan kadar aspal; terjadi kenaikan dan penurunan antara 4,0% sampai dengan 7,0%. Untuk komposisi aspal yang memenuhi persyaratan VIM yaitu kadar aspal 4,0% hingga ke angka 7,0%, berdasarkan klasifikasi Bina Marga 2018, besaran VIM telah mencapai batasan yang telah ditentukan menyangkut mutu campuran Laston yaitu antara 3,5% sampai dengan 5,0%.

5. Rongga terisi aspal (VFA)

Tabel 4.14 serta gambar 4.6 memperlihatkan keterkaitan kadar aspal dengan VFA.

Tabel 4. 14 Hasil pengujian VFA (*sumber: Hasil pengujian laboratorium 2024*)

Kadar aspal (%)	Nilai VFA (%)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
4,00	65,51	65		Memenuhi
4,50	66,54	65		Memenuhi
5,00	68,64	65		Memenuhi
5,50	69,68	65		Memenuhi
6,00	70,97	65		Memenuhi
6,50	76,04	65		Memenuhi
7,00	78,62	65		Memenuhi



Gambar 4. 6 Grafik keterkaitan VFA dengan kadar aspal (*sumber: hasil peraktikum lab. 2024*)

Nilai VFA minimum adalah 65% sesuai dengan klasifikasi Bina Marga 2018 tentang golongan 6 perkerasan aspal berdasarkan mutu campuran Laston. untuk campuran kadar aspal yang dipakai pada penelitian yang sementara dilakukan sudah mencapai klasifikasi yang telah ditentukan, yakni kadar aspal antara 4,0% hingga di angka 7,0% maka nilai VFA telah sesuai nilai standarisasi yang ditentukan.

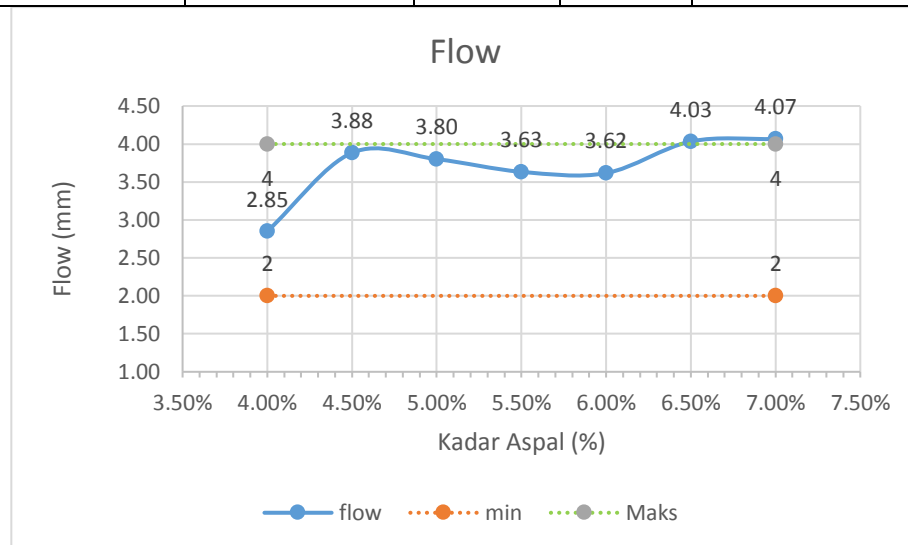
Grafik pada Gambar 4.6 menggambarkan keterkaitan mengenai VFA dengan kadar aspal berkisar antara 4,0% hingga mencapai angka 7,0%. Angka VFA tertinggi mencapai 78,62% berada terhadap kadar aspal 7,0%, sedangkan angka VFA yang dinilai kecil berada terhadap kadar aspal 4,0% yaitu 65,51%. Oleh karena itu dapat dikatakan nilai VFA meningkat seiring dengan jumlah aspal yang digunakan.

6. Flow

Tabel serta gambar yang menjelaskan keterkaitan flow dengan kadar aspal.

Tabel 4. 15 Hasil pengujian *Flow* (sumber: Hasil pengujian laboratorium 2024)

Kadar aspal (%)	Nilai Flow (mm)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
4,00	2,85	2	4	Memenuhi
4,50	3,88	2	4	Memenuhi
5,00	3,80	2	4	Memenuhi
5,50	3,63	2	4	Memenuhi
6,00	3,62	2	4	Memenuhi
6,50	4,03	2	4	Tidak memenuhi
7,00	4,07	2	4	Tidak memenuhi



Gambar 4. 7 Keterkaitan flow dan kadar aspal (sumber: Hasil uji lab. 2024)

Grafik pada Gambar 4.7 menggambarkan keterkaitan flow dengan kadar aspal; terjadi peningkatan serta penurunan antara kadar aspal 4,0% sampai 7,0%. Angka flow maksimum grafik tersebut, yaitu 4,07 mm, terjadi pada kadar aspal 7,0%, adapun jumlah angka flow yang terkecil yaitu 2,85 mm, terjadi pada kadar

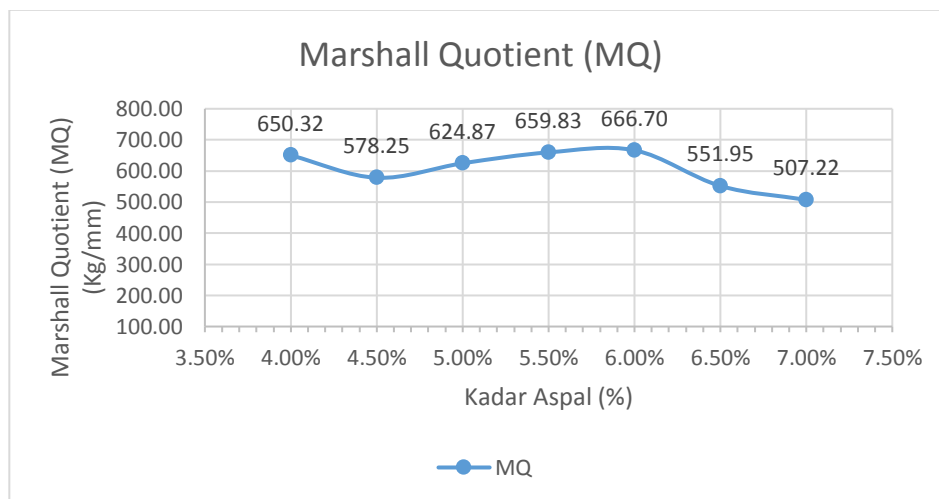
aspal 4,0%. Ini sesuai dengan klasifikasi umum Bina Marga 2018 nilai flow yang memenuhi persyaratan mutu campuran laston adalah antara 2 sampai 4 mm. Dengan demikian, flow dengan komposisi aspal 4,0% sampai 6,4% memenuhi persyaratan.

7. Marshall quotient (MQ)

Hubungan antara MQ dengan kadar aspal bisa kita amati:

Tabel 4. 16 Hasil pengolahan MQ (*sumber: Hasil pengujian laboratorium 2024*)

Kadar aspal (%)	Nilai MQ (kg/mm)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
4,00	650,32	250		Memenuhi
4,50	578,25	250		Memenuhi
5,00	624,87	250		Memenuhi
5,50	659,83	250		Memenuhi
6,00	666,70	250		Memenuhi
6,50	551,95	250		Memenuhi
7,00	507,22	250		Memenuhi



Gambar 4. 8 Keterkaitan MQ dengan kadar aspal
(*sumber: Hasil pengujian lab. 2024*)

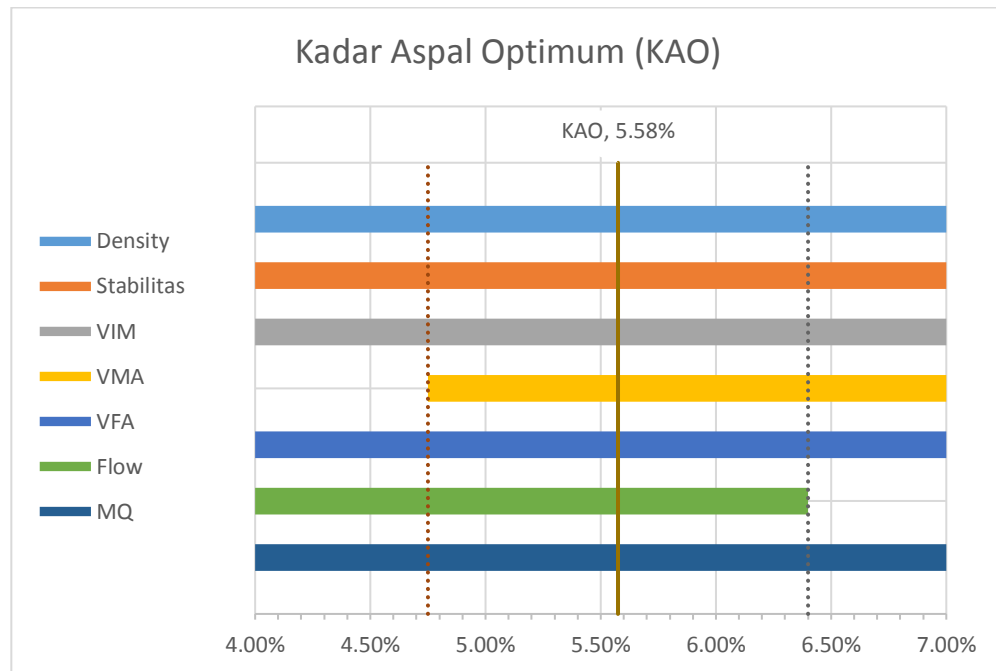
Grafik pada Gambar 4.8 menggambarkan hubungan antara MQ terhadap kadar aspal, dapat mengalami perubahan dimana terjadi peningkatan serta

penurunan antara takaran aspal 4,0% hingga mencapai angka 7,0%. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai MQ maksimum adalah 666,70 kg/mm dari kadar aspal 6,0%, dan nilai MQ terendah adalah 2507,22 kg/mm dari kadar aspal 7,0%.

Karena angka MQ sudah mencapai persyaratan yang telah ditentukan yaitu setidaknya mencapai angka 250 mm/kg, maka dapat disimpulkan bahwa seluruh kadar aspal dalam proses penelitian ini sudah sesuai dengan standarisasi yang telah ditentukan atau ditetapkan dalam tabel 4.16 klasifikasi Bina Marga 2018 mengenai pengaturan mutu campuran aspal laston.

8. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kebutuhan akan aspal dalam mencukupkan kolaborasi variabel seperti kepadatan, Marshall Quotient, VMA, VIM, VFA, stabilitas, dan flow dikenal sebagai kadar aspal optimum. Tujuan dari penentuan komposisi aspal yang ideal adalah untuk menjamin bahwa campuran aspal beton berkinerja terbaik dalam hal kekuatan, fleksibilitas, dan daya tahan. Berdasarkan temuan analisis awal, kadar aspal efektif yang dibutuhkan ditentukan dalam langkah ini. Kadar aspal optimum yang telah ditentukan selanjutnya dipakai untuk membuat benda uji baru dengan komposisi agregat yang sama, tetapi dengan kadar aspal yang disesuaikan sesuai dengan kebutuhan. Hal ini dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa campuran memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan dan memiliki kinerja yang diharapkan pada kondisi lapangan. Uji Marshall menghasilkan nilai kadar aspal ideal, yang ditunjukkan pada grafik berikut.



Gambar 4. 9 Data penentu kadar aspal optimum
(Sumber: Hasil analisis Lab. 2024)

$$KAO = \frac{KA \text{ Min} + KA \text{ maks}}{2} = \frac{4,75\% + 6,40\%}{2} = 5,58\%$$

Untuk semua fitur dalam campuran 4,0%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7,0%, nilai densitas, VIM, Marshall Quotient, VFA, stabilitas, VMA, flow, dan telah mencapai persyaratan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Perolehan hasil analisis sesuai yang telah dilaksanakan yang dilakukan di Laboratorium Jalan serta Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare tentang pemanfaatan agregat kasar hasil produksi batu pecah Desa Uluale terhadap campuran AC-BC yaitu:

1. Karakteristik penggunaan angregat kasar hasil produksi stone crusher di desa Uluale jika digunakan dalam campuran AC-BC adalah sebagai berikut., nilai densitas berada pada titik tertinggi (2,41 gr/cc) pada konsentrasi aspal 4,0%, sedangkan pada kadar aspal 6,0%, 6,5%, dan 7,0%, berada pada titik terendah (2,31 gr/cc). nilai stabilitas berada pada titik tertinggi yaitu 2399,18 kg Pada kadar aspal 5,5%, sedangkan pada kadar aspal 4,0%, berada pada titik terendah yaitu 1853,62 kg. Nilai VMA tertinggi berkisar antara 17,98% pada kadar aspal 7,0% dan terendah 11,93% pada kadar aspal 4,0%. Nilai VIM terendah yaitu 3,86% pada kadar aspal 7,0% dan maksimum 4,98% pada kadar aspal 6,0%. Pada kadar aspal 7,0%, nilai VFA berada pada titik tertinggi yaitu 78,62%, sedangkan pada kadar aspal 4,0%, berada pada titik terendah yaitu 65,51%. Pada kadar aspal 7,0%, nilai flow tertinggi adalah 4,07 mm, sedangkan pada kadar aspal 4,0%, nilai minimumnya adalah 2,85 mm. Nilai MQ tertinggi yaitu 666,70 kg/mm pada kadar aspal 6,0% dan terendah 507,22 kg/mm pada kadar

aspal 7,0%. Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,58% merupakan nilai tipikal yang diperoleh dari hasil uji Marshall.

2. Berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga 2018, dilihat dari hasil uji berat jenis dan serapan agregat, uji abrasi, analisis saringan, gradasi gabungan, dan uji Marshall, pengaruh agregat kasar hasil produksi *Stone Crusher* Desa Uluale terhadap penggunaan aspal AC-BC telah memenuhi persyaratan. Dengan nilai KAO sebesar 5,58%, sehingga penggunaan agregat kasar hasil produksi *stone crusher* di Desa Uluale Kabupaten Sidrap dinyatakan layak untuk digunakan pada campuran AC-BC.

B. Saran

1. Sifat campuran aspal beton AC-BC dengan berbagai komposisi campuran yang memanfaatkan sumber daya hasil produksi batu pecah Desa Uluale masih perlu diteliti lebih lanjut..
2. Penelitian yang sama dapat dilakukan lagi untuk mengetahui karakteristik agregat hasil produksi *stone crusher* di desa uluale dalam perkerasan jalan raya, untuk campuran Laston lainnya seperti AC-WC atau AC-Base untuk melihat perbedaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F. (2010). Tinjauan Sifat-Sifat Agregat Untuk Campuran Aspal Panas. *Saintek Vol 5, No 1*, 1-10.
- Alfrian, A. J., Alpius, N., & Radjawane, L. E. (2021). Pengujian Karakteristik Campuran AC-BC Yang Menggunakan Batu Gunung Baba, Tana Toraja. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(1), 1-7.
- Ambarura, D. J. M. (2021). Karakteristik Campuran AC-BC Menggunakan Batu Sungai Salo Pattejang Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(4), 570-576.
- Anggraini, N. (2017). Kajian Perbandingan Karakteristik Campuran Ac-Bc Antara Yang Menggunakan Agregat Batu Pecah Sukadana, Lampung Dan Clereng, DIY.
- Anggraini, M. (t.thn.). Perbandingan Gradasi Agregat Gabungan Campuran Ac-Wc Sebelum Dan Setelah Penghamparan Dengan Job Mix Formula. *Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning*, 1-16.
- Ansori, A. B. (2018). Pengaruh Mutu Limbah Beton Sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar Pada Kualitas Campuran Asphalt Concrete-Binder Coarse (AC-BC). *Konstruksia*, 9(1), 1-14.
- Ardhian Hendy.,et.al. 2016. Pengaruh Penggunaan Asbuton Butir Pada Campuran Laston. Universitas Kristen Petra.
- Asrol, S. M. (2018). Karateristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Subtitusi Buton Rock Asphalt Terhadap Rendaman Air Berlumpur . *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Syiah kuala, Banda Aceh*, 1-7.
- Debi, N., Rachman, R., & Alpius, N. (2021). Penggunaan Batu Gunung Patangdo Kapa'Kabupaten Tana Toraja Dalam Campuran AC-BC. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(1), 23-30.
- Dionisius Natan Wurara, O. H. (2018). Kajian Perbedaan Campuran Beraspal Panas Yang. *Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.12 Desember 2018 (1095-1104) ISSN: 2337-6732*, 1-10.
- Direktorat jenderal bina marga, 2018, spesifikasi umum, edisi 2018 (Rev. 1).
- Fahmi, R. H. (2020, November). Perancangan Campuran Laston AC-BC Menggunakan Batu Pecah Gunung Lakera Bum Kab. Pinrang. In Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) (Vol. 5, No. 1, pp. 29-33).

- Fani., Irianto., Elizabeth., & Alpius. (2019). *Paulus Civil Engineering Journal. Pemanfaatan Agregat Sungai Wanggar Kabupaten Nabire sebagai Bahan Campuran AC-WC dan AC-BC*. 1(2): 27-36.
- Harnaeni, S. R., & Bayu M, I. (2016). Karakteristik Marshall Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Dengan Menggunakan Limbah Beton Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar.
- Husni, W. D. (2020). *Pengaruh Kadar Filler Abu Batu terhadap Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal Beton AC-BC*. Skripsi tidak dipublikasikan. Mataram: Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Kaspari, A. (2024). Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Perkerasan Asphalt Concrete-Binder Course (Ac-Bc) Dengan Menggunakan Aspal Karet (Doctoral Dissertation, Universitas Andalas).
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Mangetan, R. V., & Mangontan, R. (2021). Penggunaan Batu Sungai Seriti Kabupaten Luwu pada Campuran AC-BC. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(1), 76-84.
- Mas Nurjana. 2020. Optimasi Kadar Aspal Pertamina Terhadap Karakteristik Aspal Beton (AC-BC) Menggunakan Variasi Agregat Batuan Lokal Gunung Balapulang. Universitas Pancasakti Tegal.
- Muhammad Febry, Z. I. L. L. I. E. (2024). Durabilitas Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (Ac-Bc) Dengan Menggunakan Agregat Tanjungan, Lampung Selatan.
- Muhammad, I. B., & Harnaeni, S. R. (2016). Analisa Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Menggunakan Limbah Beton Sebagai Coarse Aagregat (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Pabia, A. P., & Palinggi, M. D. M. (2021). Karakteristik Campuran AC-BC Yang Menggunakan Batu Sungai Sadang Kelurahan Batupapan Kecamatan Makale. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(2), 149-159.
- Palimbunga, G. P., Rachman, R., & Alpius. (2020). *Paulus Civil Engineering Journal. Penggunaan Agregat Sungai Batu Tiakka' pada Campuran AC-BC*. 2(2): 112-118.
- Rachman, R. (2020). Pemanfaatan Batu Gunung Bottomale Toraja Utara sebagai Campuran Laston. *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, 6(1), 20-30.

- Rahmat, A., & Fadly, I. (2022). Analisis Material Agregat Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (Studi Kasus: Agregat Sungai Saddang Kabupaten Enrekang). *Jurnal Karajata Engineering*, 2(2), 61-69.
- Rante, G., Alpius., & Bestari, S. Paulus Civil Engineering Journal. *Pemanfaatan Batu Gunung Tambolang Kabupaten Toraja Utara pada Campuran Laston AC-BC*. 3(2): 238-246.
- Razali, M. R., & Subagio, B. S. (2012). Perbedaan Gradasi Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Beton Aspal Lapis Pengikat (AC-BC). *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 25-34.
- Rizky, N. (2021). *Pengaruh Substitusi Styrofoam pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) dengan Pengujian Marshall*. Skripsi tidak dipublikasikan. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Salmon, N. A., & Kamba, C. (2020). Pemanfaatan Batu Gunung Posi'padang Balla Kabupaten Mamasa Sebagai Campuran AC-BC. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2(2), 77-84.
- Subagyo, S., & Nana, E. Y. M. (2023). Pengendalian Mutu Pelaksanaan Aspal Beton (AC-BC). *CivETech*, 5(1), 38-46.
- Suhardi, P. P. (2016). Studi Karakteristik Marshall pada campuran Aspal Dengan Penambahan Limbah Botol Plastik. *Jurnal Teknik Sipil*, 1-9.
- Sukarman, S. (. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Indonesia.: Yayasan Obor Indonesia.
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Sulaiman. (2012). Ketahanan Agregat Alam Krueng Peudada Pada Campuran Laston AC-WC berdasarkan Variasi Tumbukan. *Jurnal Portal* , 1-10.
- Sumiati, S., & Sukarman, S. (2014). Pengaruh gradasi agregat terhadap nilai karakteristik aspal beton (AC-BC). *PILAR*, 10(1).
- Supriadi, T., et.al. 2014. Perkerasan Campuran Aspal Ac-Wc Terhadap Sifat Penuaan Aspal. Dosen Prodi Teknik Sipil FT. UNTAN.
- Zillie, M. F., Putra, S., Herianto, D., & Sulistyorini, R. (2023). Durabilitas Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) dengan Menggunakan Agregat Tanjungan Lampung Selatan. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 11(4), 691-702.