

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jalan merupakan infrastruktur yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari memiliki berbagai fungsi, seperti sarana transportasi, distribusi barang dan jasa, sarana komunikasi, dan penunjang sektor pariwisata. Untuk menunjang hal tersebut maka jalan dituntut untuk mempunyai perkerasan jalan yang baik dan bagus. Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dan roda kendaraan, yang digunakan untuk memberikan pelayanan kepada sarana transportasi. Tujuan perkerasan adalah untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman, serta sebelum umur rencananya tidak terjadi kerusakan. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis.

Seiring meningkatnya kebutuhan akan jalan, memacu manusia untuk meningkatkan kualitas jalan. Kualitas jalan yang ditingkatkan dapat berupa peningkatan geometrik jalan maupun struktur perkerasan. Dalam meningkatkan struktur perkerasan, dicari alternatif-alternatif bahan untuk dicampur dengan aspal ataupun agregat.

Tanaman sagu (*Metroxylon*) adalah sejenis palem yang tumbuh di daerah tropis. Di Indonesia potensi sagu tumbuh di beberapa daerah seperti Papua, Sulawesi Barat, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, Riau, Jambi. Dari pengolahan sagu menghasilkan limbah

ampas sagu yang tidak digunakan lagi. Seiring meningkatnya perkembangan industri tepung sagu akan berdampak meningkatnya limbah ampas sagu yang berpotensi kerusakan pada lingkungan.

Pada penelitian ini terkait dengan penambahan abu ampas sagu yang berlokasi darerah luwu sebagai bahan pengisi (*filler*) pada penggunaan material kontrusksi jalan. Untuk mengatasi kekurangan kadar filler tersebut biasanya digunakan semen atau kapur, namun di beberpa daerah kadang tidak mudah untuk mendapatkan dan harganya pun relatifs semakin mahal.

Berdasarkan pada masalah yang terjadi penulis tertarik untuk mengambil penelitian “Pengaruh penambahana abu ampas sagu sebgai (*filler*) pengganti pada campuran aspal AC-WC (aspht concrete-wearing crouse) dengan latar belakang menggunakan pemanfaatan abu ampas sagu yang sudah tidak layak untuk digunakan dengan memanfaatkan sebagai campuran aspal untuk mengurangi pencemaran yang seiring terjadi di lingkungan.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanah pengaruh penambahan ampas sagu sebagai (*filler*) pada campuran AC-WC terhadap daya tahannya?
2. Apa dampak pengunaan abu ampas sagu sebagai (*filler*) pada campuran aspal AC-WC terhadap kinerja jalan pada ketahanan deformasi rutting dan stabilitas?

C. Tujuan Penelitian

Adapun dari rumusan masalah diatas, maka tujuan yang harus dicapai adalah:

1. Untuk Mengetahui pengaruh penambahan abu ampas sagu *Filler* dalam campuran AC-WC terhadap daya tahan aspal.
3. Untuk mengetahui dampak pegunaan abu ampas sagu sebgai(filler) AC-WC terhadap kinerja jalan pada ketahanan deformasi dan stabilitas rutting

D. Batasan Masalah

Luasnya masalah yang menyangkut pelaksanaan konstruksi serta luasnya pembahasan maka dari itu batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Dimanfaatkan limbah abu ampas sagu sebagai bahan pengganti *filler* terhadap karakteristik aspal AC-WC.
2. Penelitian ini akan menggunakan ampas sagu dari kab. Luwu
3. Variasi pengganti *filler* terhadap karakteristik aspal AC-WC sebanyak 0%, 1,5%, 2,5%, 3,5%, dan 4,5%
4. Benda uji pada penelitian ini untuk masing-masing variasi sebanyak 3 (tiga) buah.
5. Kadar pengganti *filler adalah* abu ampas sagu
6. Pengambilan agregat kasar, halus, dan aspal diambil di Parepare
7. pengujian benda uji dilakukan di Lab. Jalan dan Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dengan adanya kajian ini, diharapkan dapat memberikan pemahaman dan menambah wawasan mengenai pemanfaatan abu ampas sagu sebagai bahan

alternatif *filler* dalam campuran aspal panas, khususnya AC-WC sebagai lapis permukaan perkerasan lentur ditinjau terhadap sifat marshall {stability, flow, void in mineral agregat (VMA), void in the mix (VIM), void filled with asfalt (VFA) dan Marshall Quotient}.

2. Menambah pengetahuan penyusunan dalam bidang pemeriksaan laboratorium dan memberikan masukan ilmu pengetahuan baru yang sesuai dengan bidang teknik sipil
3. Sebagai salah satu kesempatan untuk menerapkan pengetahuan dibidang teknologi, khususnya pada teknologi perkerasan jalan, sehingga dapat memperluas wawasan keilmuan. Memberikan masukan tentang pengaruh variasi campuran lapisan perkerasan jalan AC-WC menggunakan filler abu ampas sagu.
4. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan tentang pengaruh penambahan abu ampas sagu sebagai pengganti *filler* pada lapisan perkerasan.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan sebagai berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN

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

2. BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang dasar-dasar teori mengenai bahan-bahan campuran aspal, bahan penyusun campuran aspal beton, bahan pengisi *filler*,

ketentuan untuk aspal keras, metode pengujian Marshall dan penelitian terdahulu

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi gambaran umum penelitian, waktu dan lokasi penelitian, tahap pengumpulan data, prosedur penelitian, analisa dan pembahasan

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan diuraikan hasil pengujian material serta pengujian analisa saringan agregat, uji fisis aspal, berat jenis total dan penyerapan agregat, analisa rencangan campuran, analisa dan hasil pengujian Marshall.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menyajikan kesimpulan pokok dari keseluruhan penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat diberikan untuk memperbaiki hasil dari penelitian variasi *filler* pada campuran AC-WC yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Aspal

Aspal adalah suatu cairan yang lekat atau berbentuk padat terdiri dari hydrocarbon atau turunannya, terlarut dalam trichloro-ethylene dan bersifat tidak mudah menguap serta lunak secara bertahap jika dipanaskan. Aspal keras adalah suatu jenis aspal minyak dari residu hasil destilasi minyak bumi pada keadaan hampa udara, yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk padat.

Perkerasan jalan merupakan suatu lapisan yang terdiri dari campuran antara agregat dan bahan pengikat (*filler*). Lapisan perkerasan jalan ini terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi untuk menahan beban lalu lintas serta memberikan pelayanan kepada sarana transportasi darat dan diharapkan tidak terjadi kerusakan selama masa pelayanannya. Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar yang menopang beban lalu lintas. Perkerasan jalan disusun oleh beberapa jenis lapisan, yaitu lapisan tanah dasar (*sub grade*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*base course*), dan lapisan permukaan (*surface course*). Perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis agar memiliki kekuatan yang memadai dan juga dengan harga yang lebih ekonomis.

Aspal dapat dibedakan menjadi 2 yaitu aspal alam dan aspal buatan. Aspal alam didefinisikan aspal yang diperoleh langsung diambil dari alam. Aspal buatan didefinisikan Aspal yang diperoleh dari proses penyaringan minyak tanah kasar

(crude oil), sehingga merupakan bagian terberat dari minyak tanah kasar dan terkental. Untuk perkerasan lentur jalan di Indonesia pada umumnya digunakan jenis aspal buatan yaitu aspal minyak tanah kasar (Asphaltic base crude oil).

Berdasarkan bentuknya, aspal dapat dibedakan dalam 3 jenis yaitu:

1. Aspal keras (Asphalt Cement)

Aspal Keras / Panas (Asphalt Cement, AC) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas serta penyimpanannya dalam bentuk padat pada temperatur ruang antara 25°C - 30°C. AC (Asphalt Cement) dengan penetrasi rendah dipakai untuk daerah yang memiliki cuaca panas atau volume lalu lintasnya tinggi, sedangkan AC (Asphalt Cement) dengan penetrasi tinggi dipakai untuk daerah dingin atau untuk volume lalu lintasnya rendah. Di Indonesia umumnya dipakai penetrasi 60/70 dan 80/100.

2. Aspal cair (*Cut Back Asphalt*)

Aspal Dingin / Cair (*Cutback Asphalt*) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair pada suhu ruang. Aspal ini dibuat dengan mencampur aspal keras / panas (AC) dengan bahan pencair hasil penyulingan minyak bumi yang berbentuk cair dalam temperatur ruang seperti minyak tanah, bensin atau solar. Terdiri dari:

- a. RC (*Rapid Curing Cut Back*): AC + gasoline/premium
- b. MC (*Medium Curing Cut Back*): AC + kerosene/minyak tanah
- c. SC (*Slow Curing Cut Back*): AC + diesel oil/solar

3. Aspal emulsi

Aspal Emulsi (*Emulsion Asphalt*) adalah aspal yang lebih cair dari aspal cair yaitu campuran aspal, air dan bahan pengemulsi. Memiliki sifat dapat menembus

pori-pori halus dalam batuan yang tidak dapat dilalui aspal cair biasa karena sifat pelarut yang membawa aspal dalam emulsi lebih mempunyai daya tarik terhadap batuan yang lebih baik dibanding aspal cair. Digunakan dalam keadaan dingin dan panas digunakan campuran dingin atau penyemprotan dingin.

B. Sagu

Tumbuhan sagu adalah spesies dari genus *Metroxylon* yang termasuk kedalam famili palmae. Sagu tumbuh di daerah tropis yang panas dan lembab di Asia Tenggara (Indonesia, Thailand, Filipina, dan Vietnam) dan Oseania (Papua Nugini, Kepulauan Mikronesia, dan Kepulauan Oseania). Tiga produsen utama sagu di dunia adalah Malaysia, Indonesia, dan Papua Nugini, dimana sagu tumbuh secara komersial. Indonesia memiliki hutan sagu liar yang luas (>700.000 ha) (Jumantara, 2011).

Di Indonesia, dikenal ada dua spesies sagu, yakni sagu sisika yang berduri (*Metroxylon rumphii* Mart.) dan sagu beka yang tidak berduri (*Metroxylon sago* Rottb.) sagu beka yang tidak berduri memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan sagu sisikan yang berduri. Namun populasi sagu beka hanya 20% dari total populasi yang ada. Pada umumnya tanaman sagu tumbuh liar, namun ada juga yang sengaja ditanam oleh Petani meskipun jarak tanam dan tata ruangnya belum memenuhi syarat agronomis (Fadila, 2011).

Sagu umumnya dipanen pada umur antara 10-12 tahun pada waktu tinggi tanaman sudah mencapai 10-15 meter. Batang sagu banyak mengandung pati. Sagu mempunyai nilai gizi yang rendah karena kadar serat kasarnya yang tinggi dan kadar proteinnya yang rendah, walaupun kadar patinya cukup tinggi. Bila

dibandingkan dengan komponen lain dari tanaman sagu, maka ampas sagu merupakan komponen terbesar. Hal ini perlu menjadi perhatian dari jumlah yang besar tersebut pemanfaatannya dibatasi oleh kadar seratnya yang relatif tinggi tanpa mendapat perlakuan khusus terlebih dahulu (Preston dan Leng, 2017). Menurut (Rumalatu, 2021) bahwa perbandingan yang diperoleh tepung dan ampas sagu adalah 1:6. Jumlah limbah tersebut, sampai saat ini belum dimanfaatkan sebagaimana mestinya hanya dibiarkan menumpuk pada tempat-tempat pengolahan tepung sagu sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan.

Perkembangan industri yang terus meningkat akan menghasilkan berbagai limbah diantaranya limbah ampas sagu adalah bahan hasil Proses ekstraksi sari pati sagu yang mengandung Silika, juga dikenal sebagai silikon dioksida (SiO_2), adalah senyawa kimia yang terdiri dari satu atom silikon dan dua atom oksigen. Silika paling sering ditemukan di alam sebagai pasir atau kuarsa, yang sering digunakan dalam pembuatan kaca dan keramik.

Usaha pemanfaatan tanaman sagu menjadi salah satu mata pencaharian masyarakat di Kabupaten Luwu. Dihampir setiap daerah di Kabupaten Luwu ada salah satu tanaman ini yang salah satunya berada di Kecamatan Belopa Kabupaten Luwu yang sudah berlangsung sejak lama. Kecamatan Belopa merupakan salah satu Kecamatan yang berada di Kabupaten Luwu yang memiliki prospek yang baik kedepannya untuk dikembangkan terutama komoditi sagu. Di Kabupaten Luwu Menurut data Dinas Pertanian Kabupaten Luwu Tahun 2019 luas areal tanaman sagu di Kecamatan Belopa Kabupaten Luwu seluas 56,00 Ha, dengan hasil produksi

rata-rata sebesar 971,16 Kg/Ha, serta jumlah petani sagu sebanyak 138 orang yang tersebar di 9 Kelurahan/Desa.

C. Lapis Aspal Beton (Laston)

Laston adalah lapis permukaan yang terdiri dari campuran aspal keras dengan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan pada suhu tertentu. LASTON bersifat kedap air, mempunyai nilai struktur, awet, kadar aspal berkisar 4-7% terhadap berat campuran dan dapat digunakan pada lalu lintas ringan, sedang, hingga berat. Campuran ini mempunyai tingkat kekakuan yang tinggi.

Beton aspal, dikenal dengan istilah laston (asphalt concrete), adalah suatu jenis lapis permukaan pada konstruksi perkerasan lentur. Selain fungsinya yang digunakan sebagai lapis permukaan untuk menjaga ketahanan perkerasan dari cuaca, beban lalu lintas, dan kedap air, beton aspal juga digunakan sebagai lapis fondasi dan lapis pembentuk fondasi jika digunakan dalam rangka peningkatan mutu dan pemeliharaan perkerasan jalan. Beton aspal terdiri atas agregat dan aspal yang dicampur rata atau homogen pada temperatur tertentu. Beton aspal sering disebut sebagai “hot mix” atau campuran panas karena agregat dan aspal harus dipanaskan sebelum dicampur agar agregat dapat kering pada temperatur yang ideal dan aspal berada dalam kekentalan yang cukup.

Aspal Beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu. Aspal beton merupakan material komposit yang bersifat elastis, kental, viskoelastik dan respon dari material tersebut

tergantung pada frekuensi pemuatan dan variable termodinamikanya. Struktur aspal beton terutama pada jalan raya diharapkan cukup kuat dan tahan lama untuk umur rencana yang dapat dicapai apabila perkerasan dirancang, dibangun, dipelihara dan dikelola dengan baik.

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton campuran panas antara lain:

1. *Stabilitas*

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun bleeding.

2. *Durabilitas* (keawetan/daya tahan)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan.

3. *Fleksibilitas* (kelenturan)

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa menimbulkan retak dan perubahan volume.

4. *Tahanan geser* (*skid resistance*)

Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dan kendaraan.

5. Kedap air

Kedap air adalah kemampuan lapisan untuk menahan air agar tidak menembus pori-pori lapisan.

6. Kemudahan pekerjaan (*workability*)

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

7. Ketahanan kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (ruting) dan retak.

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di tempat pencampuran pada suhu tertentu, kemudian dibawat ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan sesuai jenis aspal yang akan digunakan. Jika semen aspal, maka pencampuran umumnya antara 145-155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal dengan hotmix. Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course) / Lapis Aus Aspal Beton. AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-WC, AC-BC dan AC-Base. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan.

Lapisan Aspal Beton (Laston) merupakan perkerasan pada lapisan permukaan untuk perkerasan lentur pada jalan, perkerasan ini menggunakan material aspal dan sangat baik untuk perkerasan pada transportasi yang sering dilewati oleh kendaraan yang bertonase tinggi. Untuk material agregat yang digunakan adalah material berkualitas tinggi serta proporsi ukuran material harus benar-benar dalam batasan yang sangat ketat. Adapun dalam proses pembuatan atau perancangan laston mulai dari pencampuran, penghamparan, pemadatan akhir serta penyelesaian finishing akhir pada bagian permukaan memerlukan pengawasan yang ketat.

Sesuai fungsinya Laston (AC) mempunyai 3 macam campuran yaitu:

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

Sebagai lapis permukaan perkerasan jalan, Laston (AC) mempunyai nilai struktur, kedap air, dan mempunyai stabilitas tinggi. Campuran bergradasi menerus mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya bila dibandingkan gradasi senjang. Sehingga campuran AC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

Adapun Sifat-Sifat Campuran Lapisan Aspal Beton dalam hal ini lapisan perkerasan *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 2. 1 Sifat-sifat Asphalt Concrete Wearing Course (*Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018*)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Lapis Pondasi
Kadar Aspal Efektif	Min	5,1	4,3	4,0
Penyerapan Aspal(%)	Max	1,2		
Jumlah Tumbuhan Perbidang		7,5		112
Rongga dalam campuran (VIM)(%)	Min	3,5		
	Max	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA)(%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFA)(%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800		1800
	Max	-		-
Pelelehan (mm)	Min	3		4,5
Mashall Quatient (Kg mm)	Min	250		300
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 600°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%)	Min	2,5		

D. Bahan Penyusun Campuran Aspal Beton

1. Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. Agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen.

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan presentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Karakteristik morfologi agregat kasar ternyata mempunyai hubungan erat dengan kekuatan perkerasan beraspal. Agregat berbentuk cubical memiliki

ketahanan terhadap rutting dan memiliki friksi internal tertinggi apabila dibandingkan dengan bentuk agregat yang lain. Semakin banyak agregat cubical dalam campuran, semakin tinggi nilai PI. Sementara agregat dalam bentuk pipih dalam perkerasan beraspal memiliki tingkat kepadatan yang rendah dan sangat rentan terhadap perubahan bentuk akibat geser.

Pentingnya bentuk partikel agregat pada perilaku mekanik juga dikenal dengan baik. Pada aspal beton, bentuk agregat mempengaruhi daya tahan, kinerja, tahanan geser, kuat tarik, kekakuan, respon kelelahan dan kadar aspal optimum campuran. Perhitungan yang benar terhadap penyimpangan geometrik agregat penting dilakukan untuk memahami pengaruhnya terhadap kinerja perkerasan dan untuk memilih agregat untuk menghasilkan perkerasan dengan kualitas yang memadai. Banyak penelitian telah menyimpulkan bahwa performa agregat tidak dapat dihubungkan dengan pengujian tunggal mekanik atau kimiawi, akan tetapi kombinasi pengujian.

Agregat adalah material perkerasan berbutir yang digunakan untuk lapisan perkerasan jalan, terdiri dari tiga kelompok berdasarkan mutu, yaitu kelas A, kelas B dan kelas C, dibedakan dari gradasi dan sifat material. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume.

Berdasarkan besar ukuran ayakan agregat dibedakan menjadi tiga macam yaitu:

- a. Agregat halus

Agrerat halus adalah agrerat yang lolos saringan no. 8 (2,38 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,074 mm). Agrerat harus bersih, kering, kuat, bebas dari gumpalan lempung, memiliki butir-butir yang tajam dan permukaan yang kasar.

b. Agregat kasar

Agrerat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no. 8 atau 2,38 mm. Fungsi agrerat kasar adalah untuk memberikan kekuatan pada campuran. Agrerat kasar harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, kuat, awet, berasal dari sumber dan jenis yang sama dan bebas dari bahan lain yang mengganggu.

c. Bahan pengisi/filler

Bahan yang cocok untuk filler ialah batu kapur, semen dan debu mineral halus lainnya yang tidak kurang dari 65% melalui saringan no. 200.

Fungsi utama dari filler di dalam laston adalah untuk mengisi bagian-bagian yang masih kosong di antara susunan butir-butir agrerat, baik pada agrerat kasar maupun agrerat halus. Dengan adanya filler maka gradasi campuran secara keseluruhan akan lebih baik, sehingga campuran agrerat bersama bahan pengikat aspal keras akan membentuk lapisan yang lebih sempurna.

2. Bahan pengisi *Filler*

Bahan pengisi atau filler adalah material berbutir halus yang lolos saringan no. 200 (diameter 0.075 mm), dapat terdiri dari debu batu, kapur padam dan semen Portland, atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu.

Bahan pengisi ini mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a. Sebagai pengisi antara agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek serta penguncian antar butir yang tinggi, dengan demikian akan meningkatkan stabilitas campuran.
- b. Jika ditambahkan ke dalam laston, bahan pengisi akan menjadi suspensi, sehingga terbentuk mastik yang bersama-sama dengan laston mengikat partikel agregat. Dengan penambahan bahan pengisi, laston menjadi lebih kental, dan campuran agregat laston menjadi bertambah kekuatannya

Kadar filler dalam campuran beton laston akan berpengaruh pada proses campuran, penghampanan, dan pemadatan. Selain itu, filler juga mempengaruhi sifat elastisitas campuran dan sensitivitasnya terhadap air.

E. Pengujian Marshall

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall, yang dikembangkan pertama kali oleh Bruce Marshall dan dilanjutkan oleh U.S. Corps Engineer. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapsitas 22.2 KN (=5000 lbf) dan floowmeter untuk mengukur kelelahan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (=6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76.

1. Derajat Kepadatan Asphal Concrete

Konstruksi perkerasan jalan adalah suatu lapisan agregat yang dipadatkan dengan atau tanpa lapisan pengikat diatas lapisan tanah pada suatu jalur jalan.

Apabila konstruksi perkerasan direncanakan menggunakan lapisan pengikat, maka lapisan pengikat yang umum digunakan adalah lapisan aspal atau semen. Berdasarkan lapisannya aspal beton dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Sebagai lapis permukaan (lapis aus) yang tahan terhadap cuaca, gaya geser, dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis dibawahnya dari rembesan air dikenal dengan nama Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC).
- b. Sebagai lapis pengikat dikenal dengan nama Asphalt Concrete-Binder Course (ACBC).
- c. Sebagai lapis pondasi, jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan, dikenal dengan nama Asphalt Concrete-Base (AC-BASE).

Untuk mencari nilai derajat kepadatan kita dapat mengambil sample dilapangan dengan cara Core drill. Selain untuk menguji kepadatan lapangan, core drill dilakukan untuk mengetahui tebal perkerasan sehingga dapat diketahui tebal lapngan sesuai dengan kontrak atau tidak. Selanjutnya semple diuji di laboratorium untuk mendapatkan kepadatan campuran aspal. Core drill dilakukan pada lapisan AC-BASE, AC-BC dan AC-WC. Untuk tebal AC-BASE yaitu 7,5 cm dengan toleransi 0,5 cm, tebal AC-BC yaitu 6 cm dengan toleransi antara 2-10 cm. Toleransi pada AC-BC lebih banyak karena terdapat pekerjaan AC-BC Levelling. Sedangkan tebal AC-WC 4 cm dengan toleransi 0,3 cm. Apabila kurang dari tebal yang ditentukan maka pekerjaan bisa tidak dibayar, sedangkan apabila

melebihi tebal yang ditentukan maka dibayar sesuai dengan ketentuan tebal. Sample core drill tersebut di laboratorium kemudian ditimbang dalam keadaan kering, dalam air, lalu ditimbang dalam keadaan saturated surface dry (SSD) lalu kemudian dapat diketahui volume sample, berat jenis, dan kepadatan. Berat jenis adalah perbandingan masa jenis agregat dengan masa jenis air.

Contoh perhitungan mencari nilai derajat kepadatan:

Berat dalam keadaan kering	= W1 gram
Berat dalam air	= W2 gram
Berat dalam keadaan SSD	= W3 gram
Volume samp	= berat keadaan SSD – berat dalam air
	= W3 – W2 = VS gram
Berat jenis lapangan	= berat keadaan kering/volume sample
	= W1/ VS = BJ lap gr/cc
Berat jenis laboratorium	= BJ Lap gr/cc
Kepadatan	= $\frac{\text{Berat jenis lapangan}}{\text{Berat jenis laboratorium}} \times 100 \%$

F. Volumetrik Campuran Aspal Beton

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

1. VIM (*Voids In Mix*)

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

2. Rongga pada campuran agregat (VMA)

Rongga pada campuran agregat adalah rongga antar butiran agregat dalam campuran aspal yang sudah dipadatkan serta aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase volume total campuran. Agregat bergradasi menerus memberikan rongga antar butiran VMA yang kecil dan menghasilkan stabilitas yang tinggi tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. VMA yang kecil menyebabkan aspal menyelimuti agregat terbatas, sehingga menyebabkan lapisan perkerasan tidak kedap air jadi oksidasi mudah terjadi dan menyebabkan terjadinya kerusakan.

3. *Void Filled with Asphalt* (VFA)

Rongga terisi aspal / Void Filled with Asphalt (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat VMA yang terisi oleh aspal, tetapi tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

G. Penelitian terdahulu

1. Hasil Penelitian Ahmad Alfian P.Wedda,Lambang Basri,Andi Alifuddin(2024) “*Analisis Pemanfaatan Abu Ampas Sagu Terhadap Nilai Karakteristik dan Deformasi Pada Campuran Beton Aspal*”.Metode penelitian

yang digunakan ialah metode eksperimen dengan metode analisis regresi terhadap pemanfaatan abu ampas sagu yang dijadikan sebagai bahan tambah (filler) pada campuran lapis aspal beton (laston). pada variasi persentase substitusi abu ampas sagu yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%, diperoleh hasil stabilitas optimum ada pada kadar abu ampas sagu optimum 2,48% dengan nilai stabilitas 1104,95 kg.

2. Hasil Penelitian Habibul Hasbi (2022) "*Pengaruh penambahan limbah batu bata sebagai pengganti sebagian filler terhadap nilai stabilitas marshall laston (AC-WC)*". Penelitian ini menggunakan limbah batu bata sebagai pengganti sebagian filler terhadap nilai stabilitas Marshall laston (AC-WC) yang merupakan salah satu bagian dari lapis perkerasan yang berfungsi sebagai lapis aus yang berhubungan langsung dengan aktifitas lalu lintas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan batu bata sebagai pengganti sebagian filler terhadap nilai stabilitas laston (AC-WC) dan mengetahui hasil pengujian Marshall dengan bahan tambah serbuk batu bata sebagai pengganti filler ditinjau dari kepadatan (density), pelelehan (flow), stabilitas dan MQ (Marshall quotient).
3. Hasil Penelitian Agus Wibowo (2022) "*Pemanfaatan serbuk bata merah untuk campuran aspal beton AC-WC terhadap karakteristik marshall*" Penelitian ini menggunakan metode yang digunakan dalam perhitungan menggunakan metode trial and error yaitu metode menghasilkan range yang ditentukan. Penggunaan serbuk bata merah sebagai filler berpengaruh pada karakteristik marshall. Pada proporsi campuran yang sama sebelum dan sesudah

menggunakan serbuk bata merah memiliki nilai penurunan pada nilai stabilitas, flow, VFA, VMA, MQ, dan density. Mengalami kenaikan pada nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat proses pada penggunaan filler serbuk bata merah. Hasil pengujian marshall test pada masing-masing presentase kadar filler serbuk batu bata merah dengan kadar 5% diperoleh 2033,2 kg, flow 2,4 mm, VFA 71,56%, VIM 4,39%, VMA 15,36%, MQ 850,28 kg/mm, dan density 2,32 gr/ml.

4. Hasil Penelitian Alilah Saskia Damayanti (2023) “Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Bata Sebagai Pengganti Sebagian Filler Pada Laston (AC-BC) Terhadap Karakteristik Marshall Dengan Variasi Perendaman”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan filler serbuk batu bata terhadap sifat-sifat campuran aspal beton dengan variasi perendaman. Penelitian ini menggunakan serbuk batu bata dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20%. Benda uji dibuat sebanyak 36 sampel, untuk setiap variasi sebanyak 3 sampel. Benda uji direndam dengan variasi perendaman berulang selama 3, 7 serta 10 hari. Metode yang digunakan ialah metode marshall konvensional untuk mendapatkan sifat - sifat campuran. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa masing-masing variasi mengalami penurunan dengan penambahan serbuk batu bata. pada variasi serbuk batu bata 20% nilai flow mengalami peningkatan hingga melewati batas spesifikasi yakni 4.14% dari yang sudah ditentukan oleh Bina Marga 2018 yaitu 2-4% (mm). Sedangkan untuk variasi 0%, 10% dan 15% telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

5. Hasil Penelitian Fadlan Hawari, Lizar(2021) “*Analisis Pengaruh Penggantian Filler Abu Sawit Fly Ash Dan Bottom Ash Terhadap Karakteristik Perkerasan Lentur (Ac-Wc)*”. Dalam penelitian ini jumlah Filler yang digunakan berupa fly ash dan bottom ash yang dihasilkan dari perusahaan pengolahan buah sawit. Spesifikasi dalam pelaksanaan pengujian ini mengacu pada spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Hasil pengujian menunjukkan bahwa karakteristik material dasar telah memenuhi spesifikasi material. Penggunaan variasi fly ash memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan bottom ash dengan nilai 2316 Kg, sedangkan bottom ash memiliki nilai 2205 Kg. Nilai persentase rata-rata keseluruhan yang dihasilkan dalam pengujian karakteristik menunjukkan bahwa penggunaan filler fly ash 1,23% lebih baik dari pada penggunaan filler bottom ash.
6. Ilham, Jayadi (2022) “*Pengaruh Penggantian Abu Batu Menggunakan Abu Cangkang Pensi Pada Campuran Aspal (Ac-Wc) Dengan Pengujian Marshall*”. Dari hasil penelitian dengan pengujian Marshall yang telah dilakukan, terdapat 4 nilai properties yang tidak memenuhi persyaratan yaitu : VIM, VFA, Flow dan Marshall Quotient (MQ). Maka, dapat disimpulkan mengganti abu batu dengan abu cangkang pensi dalam campuran AC-WC tidak dapat digunakan untuk campuran AC-WC.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan penelitian metode uji eksperimental yang merupakan metode pengujian kuantitatif untuk mengetahui bagaimana penelitian ini dilakoni dilaboratorium serta menyelidiki efek satu sama lain. Dilakukan beberapa tahapan sebelum melakukan penelitian, mulai dari studi literatur kemudian mempersiapkan material yang meliputi aspal, agregat kasar, agregat halus, *filler* dan bahan abu ampas sagu. Prosedur penelitian ini dikerjakan dengan segala pengecekan material terhadap dampak pengujian dengan persyaratan yang ditetapkan.

Kemudian membuat 1 (satu) jenis struktur lapisan aspal dan buat benda uji (briket) sebanyak 15 buah, masing-masing 3 buah benda uji untuk 1 variasi substitusi kadar (*filler*) serta penambahan bahan abu ampas sagu untuk aspal modifikasi. Setelah pembuatan benda uji (briket) selesai maka dilakukan pengujian *Marshall*. Dari pengujian *Marshall* yang dilakukan, maka diperoleh data yang dibutuhkan untuk memenuhi tujuan penelitian.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Jalan Dan Aspal Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pare-pare.

2. Waktu Penelitian

Durasi penelitian ini sampai dengan penyusunan Tugas Akhir diselenggarakan selama 3 (tiga) bulan, proses penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Juli - September 2024. Adapun alokasi waktu untuk setiap tahapan penelitian diuraikan dalam time schedule sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Time schedule pelaksanaan penelitian (*Sumber: Data pribadi*)

No	Tahapan penelitian	Durasi (minggu)	ALOKASI WAKTU											
			JULI 2024				AGUSTUS 2024				SEPTEMBER 2024			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	persiapan	2												
2	Kajian pustaka	4												
3	Pembuatan benda uji	5												
4	Analisis data	3												
5	pembahasan	3												
6	Kesimpulan dan saran	2												

C. Variasi dan pembuatan benda uji

1. Variasi benda uji

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen *trail and error*, dengan percobaan secara langsung dilapangan dan laboratorium dilakukan dengan memberikan perlakuan terhadap variabel yang diteliti sehingga dampak dari perlakuan tersebut didapatkan kesimpulan yang korelasional dengan variabel-variabel yang diteliti.

Jumlah sampel masing-masing Sampel benda uji pada penelitian sebanyak 15 (Lima belas) sampel.

Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahap pengumpulan data yang dilakukan ada dua tahapan yaitu:

a. Data primer

Data primer adalah data yang di kumpulkan secara langsung melalui beberapa rangkaian kegiatan percobaan dan pengujian yang di lakukan di laboratorium.

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang di peroleh dari instansi terkait sebagai acuan melakukan pengujian di laboratorium.

c. Alat dan Bahan

1) Alat pengujian

Alat pengujian adalah semua benda yang di ujikan untuk menunjang dalam pelaksanaan proses penelitian. Alat-alat yang digunakan dalam penelitain ini adalah:

a) Alat uji pemeriksaan aspal

Alat yang digunakan untuk pemeriksaan aspal antar lain:

1) alat uji penetrasi

2) alat uji titik lembek

3) alat uji titik nyala

4) titik bakar

b) Alat pengujian agregat

c) set saringan

Satu set saringan adalah saringan dengan ukuran 37,5 mm (3"); 50,8 mm (2"); 19,1 mm (3/4"); 12,5 mm (1/2"); 9,5 mm (3/8"); 4,75 mm (No. 4); 2,36 mm (No. 8); 1,18 mm (No.16); 0,600 mm (No.30); 0,300 mm (No. 50); 0,150 mm (No.100); 0,075 mm (No.200). Semua saringan disusun secara berurutan mulai dari yang terkecil di posisi paling bawah sampai ukuran terbesar di posisi paling atas.

- d) Satu set alat pengujian berat jenis dan penyerapannya
- e) Satu set alat pengujian berat jenis dan penyerapannya berupa oven, timbangan, piring seng, alat uji SSD (saturated surface Dry)
- f) Satu set alat pembuat benda uji

2. Alat pengujian

a. Alat marshal

1) Cetakan

Cetakan berbentuk selinder diameter 10.16 (4 inch)dengan tinggi 7,62 lengkap dengan pelat atas dan leher sambungan.



Gambar 3. 1 Cetakan

2) Mesin penumbuk

Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbukan rata-rata yang berbentuk selinder dengan berat 4,563 kg dengan tinggi jatuh 45,7.



Gambar 3. 2 Mesin Penumbuk

3) Landasan pematik

Landasan yang terdiri dari kayu yang berukuran 20,32 x 20,32x45,72cm dan jangkar pada lantai beton di keempat bagian sudutnya



Gambar 3. 3 Landasan Padat

4) Alat pengeluaran benda uji

Alat ini untuk mengeluarkan benda uji yang sudah di padatkan dari dalam cetakan benda uji di pakai sebuah alat sekunder.



Gambar 3. 4 Alat Pengeluaran benda uji

5) Kepala penekan

Alat yang berbentuk lekungan (breking head)



Gambar 3. 5 Kepala Penekan

6) Cincin pengguji

Cincin (proving ring kapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg lengkap dengan arloji dial dengan ketelitian 0,0025 mm.



Gambar 3. 6 Cincin pengguji

7) Arloji

Pengukur alir (flow) dengan ketelitian 0,25 mm beserta dengan kelengkapannya.



Gambar 3. 7 Arloji

8) Oven

Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu melalui 20-60 °C($\pm 3^{\circ}\text{C}$).



Gambar 3. 8 Oven

9) Bak perendam

Bak yang dilengkapi dengan pengatur suhu mulai 20-60 °C($\pm 1^{\circ}\text{C}$)



Gambar 3. 9 Bak Perendam

10) Timbangan

Timbangan yang dilengkapi dengan pengantung benda uji yang berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,01 gram dan timbangan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram.



Gambar 3. 10 Timbangan

11) Pengukur suhu

penggukur suhu dari logam (metal termomer) berkapasitas 250 °C dan °C dengan kertilian 1 % dari kapasitas.



Gambar 3. 11 Pengukur suhu

b. Perlengkapan lain

- 1) Panci untuk memanaskan agregat aspal dan campuran aspal
- 2) Sendok pengaduk dan spatula
- 3) Kompor atau pemanas
- 4) Sarung tangan dari asbes, sarung tangan dari karet , dan pelindung perpanasan lainnya

c. Bahan

Bahan dalam suatu pengujian dibedakan menjadi dua, yakni bahan yang akan diuji dan bahan penunjang sebagai bahan yang menunjang proses pengujian. Bahan pengujian dalam praktikum:

- 1) Aspal
- 2) Agregat kasar
- 3) Agregat halus
- 4) Abu ampas sagu

Di gunakan untuk pengujian ini di peroleh batu ampas sagu di kab. Luwu dalam kondisi masih utuh bebas dari kotoran kemudian ampas sagu di tumbuk menjadi abu.

3. Prosedur penelitian

Pada bab ini di uraikan kerja pengujian yaitu berupa uraian kegiatan untuk masing masing masing pengujian. Prosedur kerja pada pengujian ini di gambarkan pada bagan alir penelitian. Adapun uraian dari prosedur kerja pada pengujian di laboratorium.

a. Pengujian aspal untuk mengetahui nilai dari:

- 1) Penetrasi aspal
- 2) Titik lembek
- 3) Titik nyala
- 4) Titik bakar aspal

b. Pengujian agregat untuk mengetahui nilai dari:

- 1) Agregat halus
- 2) Agregat kasar
- 3) Analisa saringan
- 4) Berat jenis
- 5) Penyerapan air terhadap agregat

c. Perencanaan campuran Tahapan dalam menentukan campuran benda uji adalah sebagian berikut:

- 1) Menentukan kadar bahan pengganti limba tambah dengan variasi 0%, 1,5%, 2,5%, 3,5%, dan 4,5% dari berat total campuran.

- 2) Menentukan kadar aspal masing masing benda uji yaitu sebesar 4%, 4,5%, 5%, 5,5% dan 6% dari berat total campuran
 - 3) Menghitung jenis gradasi agregat gabungan untuk campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi agregat gabungan jenis AC–WC memakai batas tengah dari tiap tiap presentase lolos saringan.
 - 4) Menghitung kebutuhan berat bahan masing masing benda uji sesuai dengan variasi yang sudah di rencanakan.
4. Pembutan sampel
- a. Persiapan benda uji
 - 1) Keringkan agregat pada suhu 105-110 derajat celcius selama 4 jam keluarkan dari alat pengering (oven) dan tunggu sampai beratnya tetap.
 - 2) Panaskan aspal sampai mencapai kekentalan (viskositas) baik Itu perencanaan campuran maupun untuk pemadatan.
 - 3) Pencampuran benda uji dapat dilakukan sebagai berikut:
 - a) Untuk setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1200 sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira kira $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$
 - b) Panaskan panci pencampur beserta agregat kira kira 28°C di atas suhu pencampuran untuk aspal padat dan apa bila menggunakan aspal cair maka pemanasan sampai 14°C diatas suhu pencampuran.

- c) Tuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan sebanyak yang dibutuhkan kedalam agregat yang sudah dipanaskan tersebut ,kemudian aduklah dengan cepat pada suhu yang sudah ditentukan.
- 4) Pemadatan benda uji dapat dilakukan sebagai berikut:
 - a) Bersihkan perlengkapan cetak benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara $93,3^{\circ}\text{C}$ - $148,9^{\circ}\text{C}$.
 - b) Letakkan cetakan di atas landasan pemadatan tahan dengan pemegang cetakan.
 - c) Letakkan selebar kertas saring atau kertas penghisap yang sudah di gunting menurut ukuran cetakan kedalam dasar cetakan.
 - d) Masukkan seluruh campuran kedalam cetakan kemudian tusuk tusuk sebanyak 15 kali keliling pingiran dan 10 kali di bagian tengahnya.
 - e) Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali dengan tinggi jatuh 457,2 mm selama pemadatan harus diperhatikan agar sumbu palu pemadatan selalu tegak lurus pada alat cetakan.
 - f) Pelat atas berikut leher sabung di lepas dari cetakan benda uji kemudian cetakan yang berisi benda uji di balikkan dan

memasang kembali plat alas berikut leher sambungan pada cetakan yang telah di balik tadi.

- g) Tumbuklah kembali permukaan benda uji yang telah di balik dengan jumlah tumbukan yang sama
- h) Setelah pemadatan lepasakan keping atas dan pasanglah alat pengeluar benda uji pada ujung permukaan.
- i) Kemudian dengan hati hati keluarkan dan letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan biarkan selama kira kira 24 jam pada suhu ruang.

b. Persiapan pengujian meliputi:

- 1) Bersihkan benda uji dari kotoran kotoran yang menempel.
- 2) Berikan masing masing tanda pengenal pada masing masing sampel.
- 3) Ukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm
- 4) Timbang benda uji
- 5) Rendam dalam bak perendam kira kira 24 jam pada suhu ruangan
- 6) Timbang dalam air untuk mendapatkan isi
- 7) Timbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh
- 8) Bersihkan batang penuntun (guide rod) dan permukaan dalam kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas (bila di kehendaki kepala penekan di rendam bersamaan dengan sampel

pada suhu 21,1-37,8 °c untuk mengurangi lengketnya benda uji terhadap permukaan dalam kepala penekan.

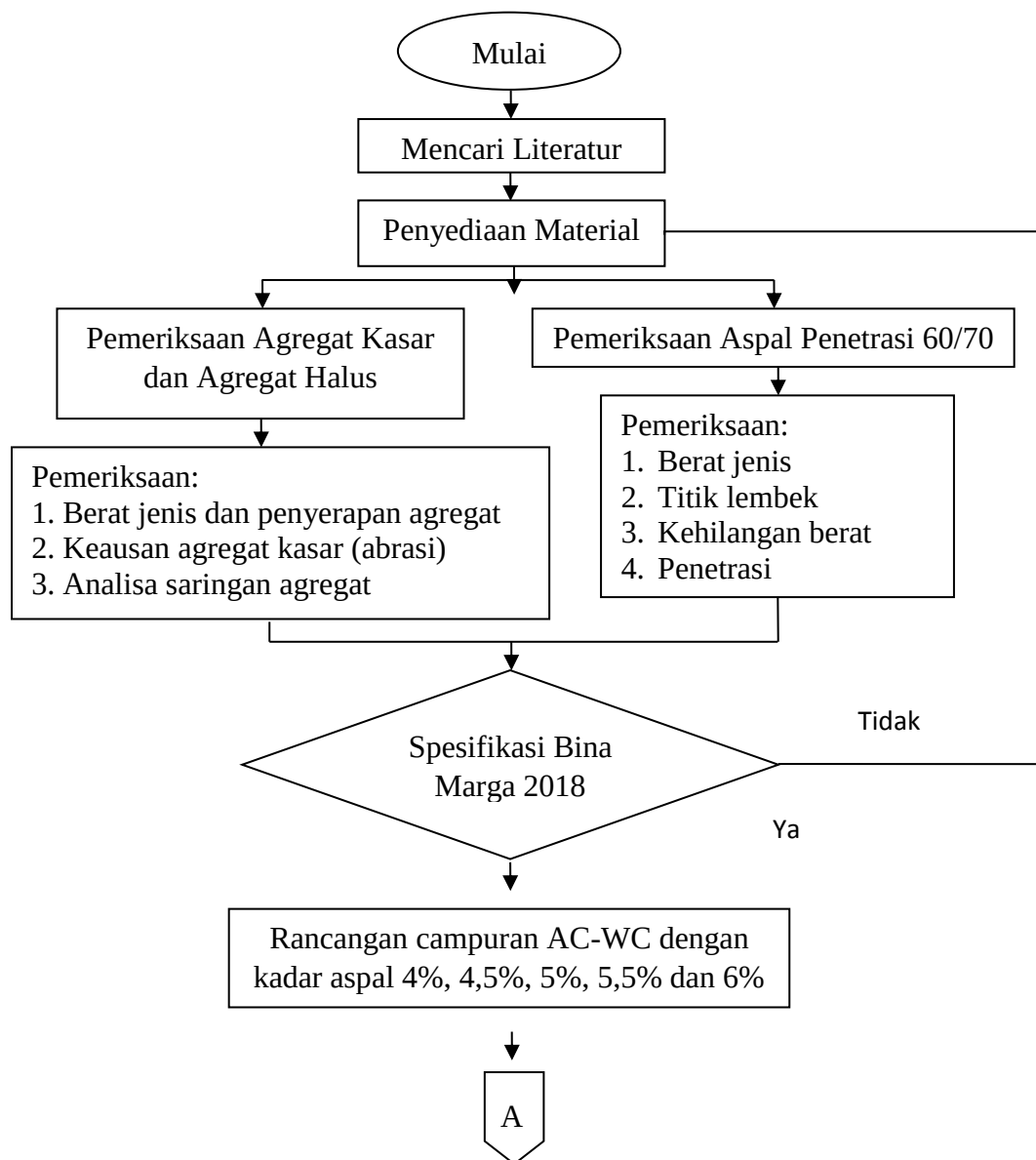
c. Langkah langkah dalam pengujian Marshall dapat dilihat berikut ini:

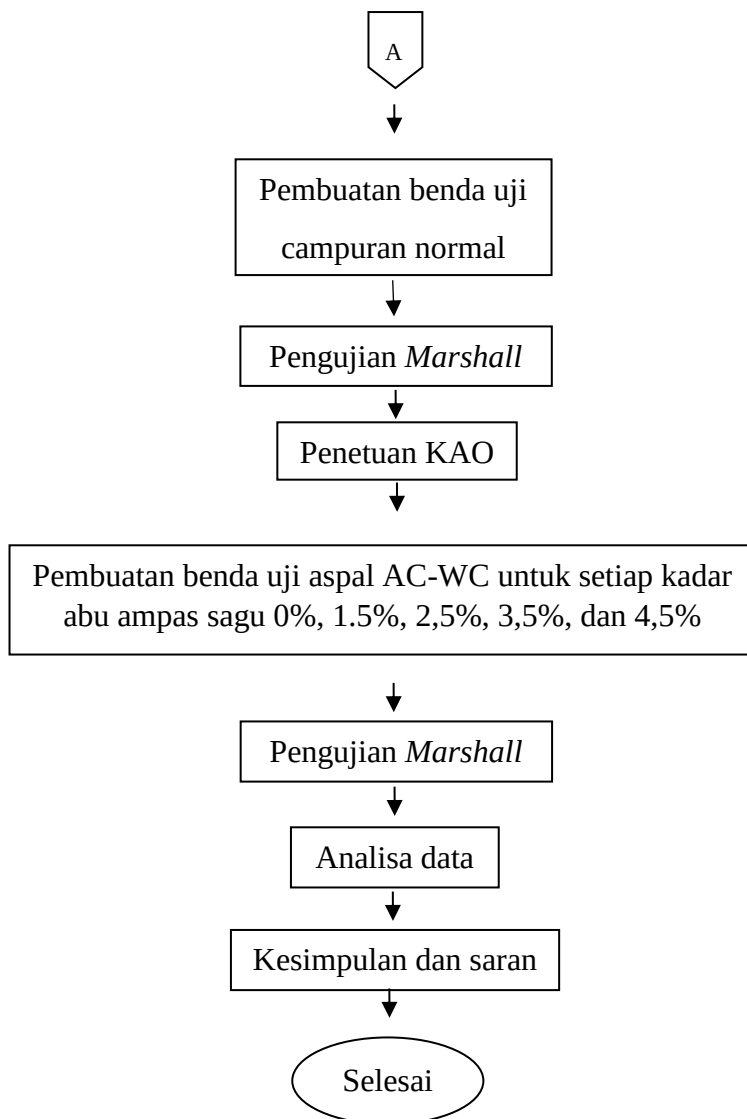
- 1) Rendam benda uji dalam bak perendam (water bath) selama 30-40 menit dengan suhu tetap 60°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) untuk benda uji dengan menggunakan aspal padat, untuk benda uji yang menggunakan aspal cair masukkan benda uji kedalam oven selama minimum 2 jam dengan suhu 25°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).
- 2) Keluarkan benda uji dari bak perendam kemudian letakkan kedalam segmen bawah kepala penekan
- 3) Pasang segmen atas dibagian atas benda uji dan letakkan kedalam mesin penguji.
- 4) Pasang arloji pengukur alir (flow) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk.
- 5) Pada angka nol sementara selubung tangkai arloji (sleeve) di pegang teguh terhadap sigma atas kepala penekan,
- 6) Sebelum pembebanan di berikan, kepala penekan penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji.
- 7) Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
- 8) Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm permenit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan tercapai atau pembebanan menurun seperti

yang di tunjukkan oleh arloji tekan dan catat pembebanan maksimum stability yang di capai untuk beda uji yang tebalnya tidak sebesar 63,5 mm

- 9) Catat nilai alir flow yang di tunjuk oleh jarum arloji pengukur air pada saat pembebanan maksimum tercapai.

D. Diagram Alir Penelitian





Gambar 3. 12 Diagram alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

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

1. Berat jenis agregat kasar 1-2

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

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

No.	Perhitungan	Hasil pemeriksaan	Spesifikasi	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2,73	Min 2.5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2,72			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2,70			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	1,01	Maks. 3	%	Memenuhi

Dari pengujian berat jenis agregat kasar 1-2 diatas didapat berat jenis bulk 2.73 gr, berat jenis jenuh kering permukaan 2.73 gr, berat jenis semu 2.70 gr, dan penyerapan 1.01 %. Jadi, dari hasil analisis berat jenis agregat kasar 1-2 telah memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis minimum 2.5 gr dan penyerapan air maksimal 3 %

2. Berat jenis agregat kasar 0,5-1

Hasil pengujian terhadap agregat kasar 0,5-1 berdasarkan Spesifikasi

Umum Bina Marga 2018 dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 2 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar 0,5-1 (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

No.	Perhitungan	Hasil pemeriksaan	Spesifikasi	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	3,36	Min 2.5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	3,46			Memenuhi
3	Berat jenis semu	3,72			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	0,03	Maks. 3	%	Memenuhi

Dari pengujian berat jenis agregat kasar 0,5-1 diatas didapat berat jenis bulk 3,36 gr, berat jenis jenuh kering permukaan 3,46 gr, berat jenis semu 3,72 gr, dan penyerapan 0,3 %. Jadi, dari hasil analisis berat jenis agregat kasar 1-2 telah memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis minimum 2.5 gr dan penyerapan air maksimal 3 %.

3. Berat jenis agregat halus (abu batu)

Hasil pengujian terhadap agregat halus (abu batu) berdasarkan Spesifikasi

Umum Bina Marga 2018 dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut:

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

No.	Perhitungan	Hasil pemeriksaan	Spesifikasi	Satuan	Ket.
1	Berat jenis bulk	2,77	Min 2.5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2,82			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2,92			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	1,93	Maks. 3	%	Memenuhi

Dari hasil pengujian berat jenis agregat halus (abu batu) diatas didapat berat jenis bulk 2.77 gr, berat jenis jenuh kering permukaan 2.82 gr, berat jenis semu 2,92 gr, dan penyerapan 1,93 %. Jadi, dari hasil analisis berat jenis agregat halus (abu batu) telah memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis minimum 2.5 gr dan penyerapan air maksimal 3 %.

B. Pemeriksaan keausan agregat kasar (abrasi)

Pengujian abrasi merupakan pengujian terhadap daya tahan agregat terhadap kikisan dihubungkan langsung dengan kekuatan hancur dan secara umum cukup aman untuk menganggap bahwa beton dengan kuat hancur yang besar juga mempunyai daya tahan terhadap kikisan besar.

Tabel 4. 4 Hasil pengujian agregat kasar (abrasi) 500 putaran (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

Saringan		Berat		Spesifikasi
Lolos	Tertahan	Sebelum (gr)	Sesudah (gr)	
19 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	2500	4216,4	
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	2500	4216,4	
Jumlah Berat (gram)		5000	4216,4	
Berat TertahanBerat Tertahan		5000	4216,4	
Saringan No. 12 (gram)				
Persen Keausan		15,672		

Dari pengujian agregat kasar (abrasi) menggunakan mesin *Los Angeles* dan diputar sebanyak 500 putaran bersama dengan bola-bola baja sebanyak 11 bola, sehingga diperoleh hasil persen keausan sebesar 15,672 % dan telah memenuhi spesifikasi yaitu maksimal 30 %.

C. Pemeriksaan analisa saringan agregat

Pemeriksaan analisa saringan agregat pada penelitian ini terdiri atas pengujian analisa saringan agregat kasar dan halus.

1. Analisa saringan agregat kasar 1-2

Tabel 4. 5 Hasil analisa saringan agregat kasar 1-2 sampel 1 (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

NO Saringan	SAMPEL 1			
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos
3/4"	0,00	0,0%	0,00	100,0%
1/2"	536,70	35,8%	536,70	64,2%
3/8"	338,50	22,6%	875,20	41,7%
4	359,40	24,0%	1234,60	17,7%
8	226,50	15,1%	1461,10	2,6%
16	20,40	1,4%	1481,50	1,2%
30	0,60	0,0%	1482,10	1,2%
50	0,00	0,0%	1482,10	1,2%
100	0,30	0,0%	1482,40	1,2%
200	0,40	0,0%	1482,80	1,1%
Pan	17,20	1,1%	1500,00	0,0%
Jumlah	1500,00	100,0%		

Tabel 4. 6 Hasil analisa saringan agregat kasar 1-2 sampel 2 (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

NO Saringan	SAMPEL 2				Rata - Rata
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos	
3/4"	0,00	0,0%	0,00	100,0%	100,0%
1/2"	557,20	37,1%	557,20	62,9%	63,5%
3/8"	373,20	24,9%	930,40	38,0%	39,8%
4	385,50	25,7%	1315,90	12,3%	15,0%
8	162,30	10,8%	1478,20	1,5%	2,0%
16	5,60	0,4%	1483,80	1,1%	1,2%
30	0,00	0,0%	1483,80	1,1%	1,1%
50	0,00	0,0%	1483,80	1,1%	1,1%
100	0,60	0,0%	1484,40	1,1%	1,1%
200	0,60	0,0%	1485,00	1,0%	1,1%
Pan	15,20	1,0%	1500,20	0,0%	0,0%
Jumlah	1500	100,0%			

Tabel 4. 7 Hasil analisa saringan agregat kasar 1-2 Rekapitulasi (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

No. Saringan	(%) Lolos	(%) Lolos	Rata - rata
$\frac{3}{4}$	100,00	100,00	100,00
$\frac{1}{2}$	64,2	62,9	63,5
3/8	41,7	38,0	39,8
4	2,6	12,3	15,0
8	1,2	1,5	2,0
16	1,2	1,1	1,2
30	1,2	1,1	1,1
50	1,2	1,1	1,1
100	1,2	1,1	1,1
200	1,1	1,0	1,1
Pan	0,00	0,00	0,00

2. Analisa saringan agregat kasar 0,5-1

Tabel 4. 8 Hasil analisa saringan agregat kasar 0,5-1 Sampel 1 (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

NO Saringan	SAMPEL 1			
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos
3/4"	0,00	0,0%	0,00	100,0%
1/2"	0,00	0,0%	0,00	100,0%
3/8"	5,10	0,3%	5,10	99,7%
4	10,20	0,7%	15,30	99,0%
8	1441,10	96,1%	1456,40	2,9%
16	28,20	1,9%	1484,60	1,0%
30	1,30	0,1%	1485,90	0,9%
50	0,30	0,0%	1486,20	0,9%
100	0,50	0,0%	1486,70	0,9%
200	1,20	0,1%	1487,90	0,8%
Pan	12,10	0,8%	1500,00	0,0%
Jumlah	1500	100,0%		

Tabel 4. 9 Hasil analisa saringan agregat kasar 0,5-1 Sampel 2 (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

NO Saringan	SAMPEL 2			
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos
3/4"	0,00	0,0%	0,00	100,0%
1/2"	0,00	0,0%	0,00	100,0%
3/8"	19,90	1,3%	19,90	98,7%
4	1025,50	68,4%	1045,40	30,3%
8	442,00	29,5%	1487,40	0,8%
16	6,60	0,4%	1494,00	0,4%
30	0,00	0,0%	1494,00	0,4%
50	0,00	0,0%	1494,00	0,4%
100	0,00	0,0%	1494,00	0,4%
200	0,00	0,0%	1494,00	0,4%
Pan	6,00	0,4%	1500,00	0,0%
Jumlah	1500	100,0%		

Tabel 4. 10 Hasil analisa saringan agregat kasar 0,5-1 Rata- rata (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

No. Saringan	(%) Lolos	(%) Lolos	Rata – rata
$\frac{3}{4}$	100,00	100,00	100,00
$\frac{1}{2}$	100,00	100,00	100,00
$\frac{3}{8}$	99,7	98,7	99,2
4	99,0	30,3	64,6
8	2,9	0,8	1,9
16	1,0	0,4	0,7
30	0,9	0,4	0,7
50	0,9	0,4	0,7
100	0,9	0,4	0,6
200	0,8	0,4	0,6
Pan	0,00	0,00	0,00

3. Analisa saringan agregat halus (abu batu)

Tabel 4. 11 Hasil analisa saringan agregat halus (abu batu) Sampel 1 (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

NO Saringan	SAMPEL 1			
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos
1"	0,00	0,0%	0,00	100,0%
3/4"	0,00	0,0%	0,00	100,0%
1/2"	0,00	0,0%	0,00	100,0%
3/8"	0,00	0,0%	0,00	100,0%
4	0,00	0,0%	0,00	100,0%
8	98,20	6,5%	98,20	93,5%
16	478,50	31,9%	576,70	61,6%
30	347,60	23,2%	924,30	38,4%
50	182,30	12,2%	1106,60	26,2%
100	188,10	12,5%	1294,70	13,7%
200	80,30	5,4%	1375,00	8,3%
Pan	125,00	8,3%	1500,00	0,0%
Jumlah	1500	100,0%		

Tabel 4. 12 Hasil analisa saringan agregat halus (abu batu) Sampel 2 (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

No, Saringan	SAMPEL 2			
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	Kumulatif Tertahan	(%) Lolos
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	1,40	0,09	0,09	99,91
4	4,10	0,27	0,37	99,63
8	169,90	11,33	11,69	88,31
16	456,10	30,41	42,10	57,90
30	323,00	21,53	63,63	36,37
50	196,90	13,13	76,76	23,24
100	167,20	11,15	87,91	12,09
200	111,20	7,41	95,32	4,68
Pan	70,20	4,68	100,00	0,00
Jumlah	1500,00	100,00		

Tabel 4. 13 Hasil analisa saringan agregat halus (abu batu) Rata- rata (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

No. Saringan	(%) Lolos	(%) Lolos	Rata - rata
3/4"	100,00	100	100,00
1/2"	100,00	100	100,00
3/8"	100,00	99,90667	99,95
4	99,84	99,63333	99,74
8	85,75	88,30667	87,03
16	51,05	57,9	54,47
30	30,56	36,36667	33,46
50	19,26	23,24	21,25
100	10,24	12,09333	11,17
200	5,00	4,68	4,84
Pan	0,00	0	0,00

D. Hasil Pemeriksaan Aspal

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

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

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Satuan	Ket.
1	Berat jenis aspal	1.02	$\geq 1,0$	gr/cc	Memenuhi
2	Titik lembek aspal	49,20	≥ 48	°C	Memenuhi
3	Penetrasi pada 25°C	67,7	60-70	0,1 mm	Memenuhi
4	Kehilangan berat aspal	0,27	$\leq 0,8$	%	Memenuhi

Dari hasil pengujian diatas diperoleh berat jenis sebesar 1.02 gr/cc, titik lembek sebesar 49,20 °C, Penetrasi pada 25°C sebesar 67,7 mm, Kehilangan berat aspal sebesar 0,27%.

E. Hasil Rancangan Campuran

Pemeriksaan analisa saringan agregat pada penelitian ini terdiri atas pengujian analisa saringan agregat kasar dan halus.

1. Hasil gradasi agregat gabungan

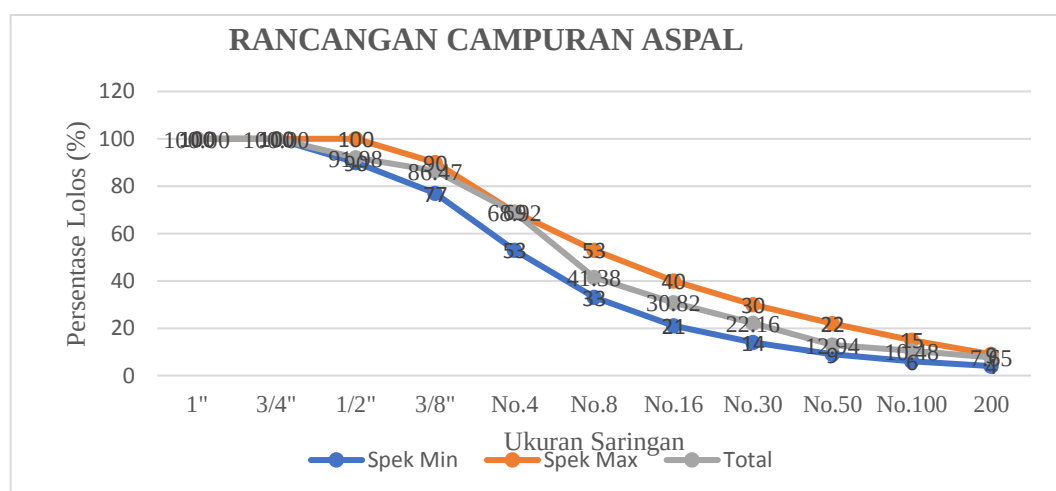
Dari hasil pemeriksaan analisa saringan maka gradasi agregat diperoleh seperti pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Hasil gradasi agregat gabungan (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

Saringan					
ASTM	(mm)	Agregat 1/2	Agg. 0.5/1	Abu Batu	Semen
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,5	63,54	100,00	100,00	100,00
3/8"	9,5	39,82	99,17	100,00	100,00
No.4	4,75	14,99	64,64	99,99	100,00
No.8	2,36	2,03	1,87	93,01	100,00
No.16	1,18	1,16	0,71	67,48	100,00
No.30	0,6	1,14	0,67	45,32	100,00
No.50	0,3	1,14	0,66	21,68	100,00
No.100	0,15	1,11	0,64	15,40	100,00
200	0,075	1,08	0,60	8,20	100,00

Tabel 4. 16 Persentase gradasi agregat gabungan (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

22%	35%	39,0%	4,0%	Total	Spek AC-WC
Agg1/ 2	Agg 0.5/1	Abu Batu	Filler		
22,00	35,00	39,00	4,00	100,00	
22,00	35,00	39,00	4,00	100,00	100
13,98	35,00	39,00	4,00	91,98	90-100
8,76	34,71	39,00	4,00	86,47	77-90
3,30	22,63	39,00	4,00	68,92	53-69
0,45	0,66	36,27	4,00	41,38	33-53
0,26	0,25	26,32	4,00	30,82	21-40
0,25	0,23	17,67	4,00	22,16	14-30
0,25	0,23	8,45	4,00	12,94	9-22
0,24	0,23	6,01	4,00	10,48	6-15
0,24	0,21	3,20	4,00	7,65	4-9



Gambar 4. 1 Grafik hasil gradasi agregat gabungan
(*Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024*)

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

2. Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji

Dari hasil analisa gradasi agregat gabungan diatas, didapat perhitungan berat agregat yang diperlukan seperti pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 17 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji campuran normal AC-WC (*Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024*)

KOMPOSISI CAMPURAN		KOMPOSISI AGGREGAT	BERAT TIMBANGAN				
		%	4	4,5	5	5,5	6
A	Split	22%	253,4	252,1	250,8	249,5	248,2
B	Agregat (0,5-1)	34%	391,7	389,6	387,6	385,6	383,5
C	Abu Batu	40%	460,8	458,4	456,0	453,6	451,2
D	Filler	4%	46,1	45,8	45,6	45,4	45,1
BERAT AGREGAT CAMPURAN (gr)			1152,0	1146,0	1140,0	1134,0	1128,0
Kebutuhan Aspal			48,0	54,0	60,0	66,0	72,0
			1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0

Tabel 4. 18 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji variasi 0,0%
(Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024)

KOMPOSISI CAMPURAN		KOMPOSISI AGREGAT	BERAT TIMBANGAN
		%	0,0
A	Abu Batu	41,5%	443,7
B	Agregat (0,5-1)	35%	398,2
C	Agregat (1-2)	22%	250,3
D	Filler	4,0%	45,5
BERAT AGREGAT CAMPURAN (gr)			1137,7
Kebutuhan Aspal (5,2)			62,4
			1200

Tabel 4. 19 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji variasi 1,5%
(Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024)

KOMPOSISI CAMPURAN		KOMPOSISI AGREGAT	BERAT TIMBANGAN
		%	1,5
A	Abu Batu	41,5%	460,7
B	Agregat (0,5-1)	36%	409,7
C	Agregat (1-2)	22%	250,5
D	Filler (Abu ampas sagu)	1,5%	17,1
BERAT AGREGAT CAMPURAN (gr)			1138,0
Kebutuhan Aspal (5,2)			62,4
			1200

Tabel 4. 20 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji campuran kadar filler abu ampas sagu 2,5% (Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024)

KOMPOSISI CAMPURAN		KOMPOSISI AGGREGAT	BERAT TIMBANGAN
		%	2,5
A	Abu Batu	41,5%	460,7
B	Agregat (0,5-1)	35%	397,7
C	Agregat (1-2)	22%	250,5
D	Filler (Abu ampas sagu)	2,5%	28,4
BERAT AGREGAT CAMPURAN (gr)			1137,3
Kebutuhan Aspal (5,2)			62,4
			1200

Tabel 4. 21 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji variasi 3,5% (Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024)

KOMPOSISI CAMPURAN		KOMPOSISI AGGREGAT	BERAT TIMBANGAN
		%	3,5
A	Abu Batu	39,5%	449,4
B	Agregat (0,5-1)	35%	398,2
C	Agregat (1-2)	22%	250,3
D	Filler (Abu ampas sagu)	3,5%	39,8
BERAT AGREGAT CAMPURAN (gr)			1137,7
Kebutuhan Aspal (5,2)			62,4
			1200

Tabel 4. 22 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji campuran kadar filler abu ampas sagu 4,5% (*Sumber: Hasil Pengolahan Data 2024*)

KOMPOSISI CAMPURAN		KOMPOSISI AGGREGAT	BERAT TIMBANGAN
		%	4,5
A	Abu Batu	38,5%	438,0
B	Agregat (0,5-1)	35%	398,2
C	Agregat (1-2)	22%	250,3
D	Filler (Abu ampas sagu)	4,5%	51,2
BERAT AGREGAT CAMPURAN (gr)			1137,7
Kebutuhan Aspal (5,2)			62,4
			1200

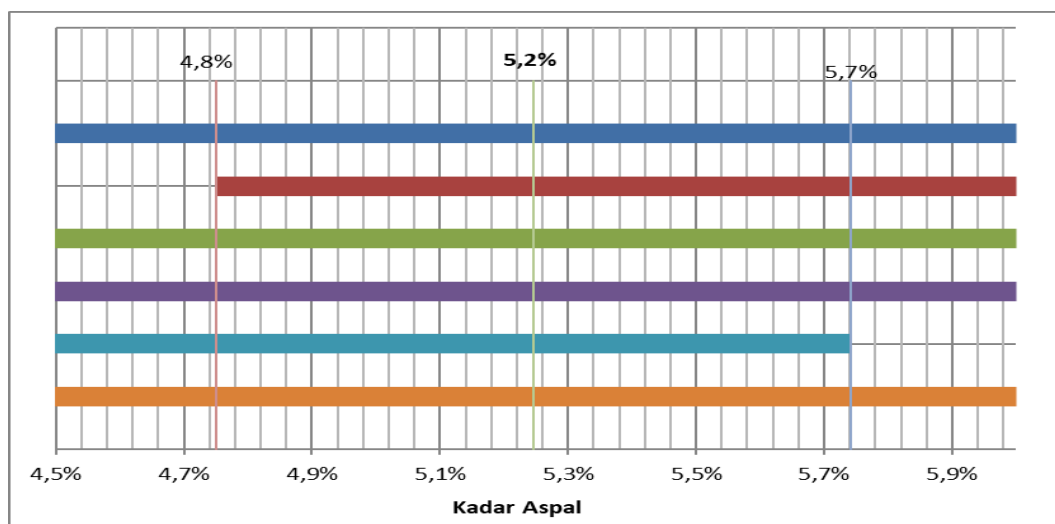
F. Hasil Kadar Aspal Optimum Pada Campuran Normal

Kadar aspal optimum merupakan jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agregat agar tercapai spesifikasi persyaratan Stabilitas, VMA, VIM, VFA, *Flow*, dan *Marshall Quotient*. Penentuan kadar aspal optimum untuk menentukan besar kadar aspal yang efektif pada campuran yang dibutuhkan untuk pembuatan benda uji baru dengan komposisi agregat sama tapi dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan.

Dari hasil pengolahan data *Marsahll* diperoleh nilai parameter *Marshall* kemudian menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) berikut rekapitulasi hasil perhitungan pada campuran aspal normal AC-WC dengan kadar aspal 4%, 4,5%, 5,0%, 5,5%% dan 6% dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4. 23 Hasil uji Marshall campuran normal aspal AC-WC (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2024)

Karakteristik	Spesifikasi umum	Kadar Aspal (%)				
		4,00%	4,50%	5,0%	5,50%	6,00%
Stabilitas (kg)	Min. 800	1862,2	2377,1	2237,2	2255,9	2283,8
VMA (%)	Min. 14	13,93	15,73	16,97	17,76	17,44
VIM (%)	3. - 5	4,39	3,88	4,08	3,78	2,17
VFA(%)	Min. 15	70,92	75,32	75,94	78,72	87,55
Flow (mm)	2. - 4	6,5	4,7	3,3	6,0	6,6
MQ (kg/mm)	Min. 250	286,50	505,77	677,96	374,21	346,20



Gambar 4. 2 Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO) pada aspal AC-WC normal

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2024)

$$\text{Kadar Aspal Optimum} = \frac{\text{KA Min} + \text{KA Maks}}{2} = \frac{4,8 + 5,74}{2} = 5,2 \%$$

G. Hasil Pengujian Marshall

1. Stabilitas (Stability)

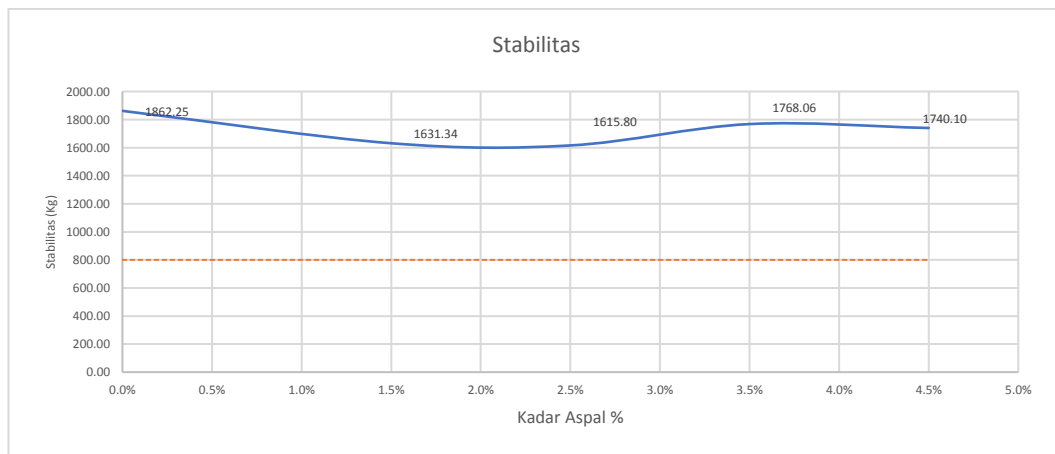
Stabilitas adalah ketahanan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya, tanpa mengalami perubahan bentuk

seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian dengan alat *marshall*. Selanjutnya dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi tebal benda uji.

Berikut ini adalah tabel dan gambar hubungan kadar aspal dan stabilitas :

Tabel 4. 24 Hasil pengujian stabilitas (*Sumber: Pengujian Lab.2024*)

Stabilitas (Kg)	Spesifikasi		Keterangan
	Min	Maks	
1862,25	800	-	Memenuhi
1631,34	800		Memenuhi
1615,80	800	-	Memenuhi
1768,06	800		Memenuhi
1740,10	800		Memenuhi



Gambar 4. 3 Grafik hubungan kadar filler dan stabilitas

(*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

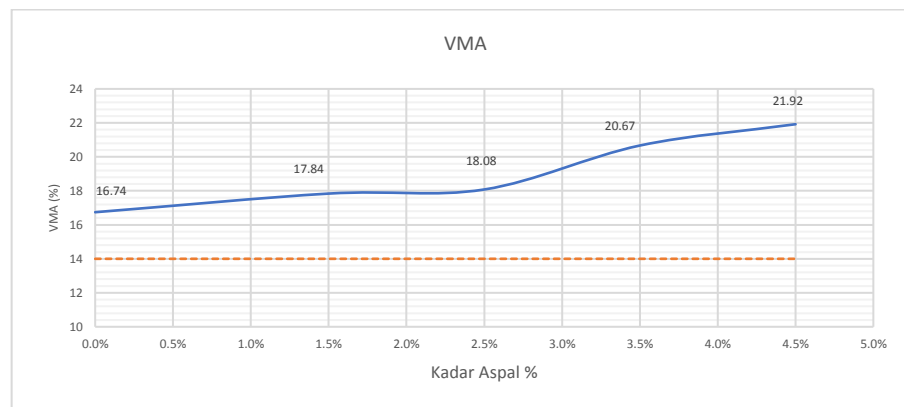
Dari gambar 4.2 grafik menunjukkan hubungan stabilitas dan filler, sampel dengan nilai stabilitas tertinggi yaitu 1768,06 Kg dan terendah 1615,80 Kg. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai stabilitas minimum untuk lalu lintas berat yaitu 800 kg, sehingga semua sampel dengan kadar aspal rencana yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan yang tertera pada tabel 4.24.

2. Rongga diantara agregat (VMA)

VMA (*void in mineral aggregate*) merupakan kadar persentase ruang rongga diantara partikel agregat pada benda uji, besarnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan. Hubungan antara VMA dengan kadar aspal dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini.

Tabel 4. 25 Hasil pengujian VMA (*Sumber: Pengujian Lab.2024*)

Kadar filler(%)	Nilai VMA (%)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
0.00%	16.74	14	-	Memenuhi
1.50%	17.84	14		Memenuhi
2.50%	18.08	14	-	Memenuhi
3.50%	20.67	14		Memenuhi
4.50%	21.92	14		Memenuhi



Gambar 4. 4 Grafik hubungan kadar aspal dan VMA

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Berdasarkan gambar 4.4 grafik menunjukan nilai VMA menunjukkan hubungan VMA dan kadar filler, sampel dengan nilai VMA tertinggi yaitu sampel 5 dengan nilai 21,91 dan terendah yaitu 16,74 .Ditinjau dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VMA (Void In Mineral Aggregate) minimal 14 %, jadi semua sampel yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan yang tertera pada tabel 4.25.

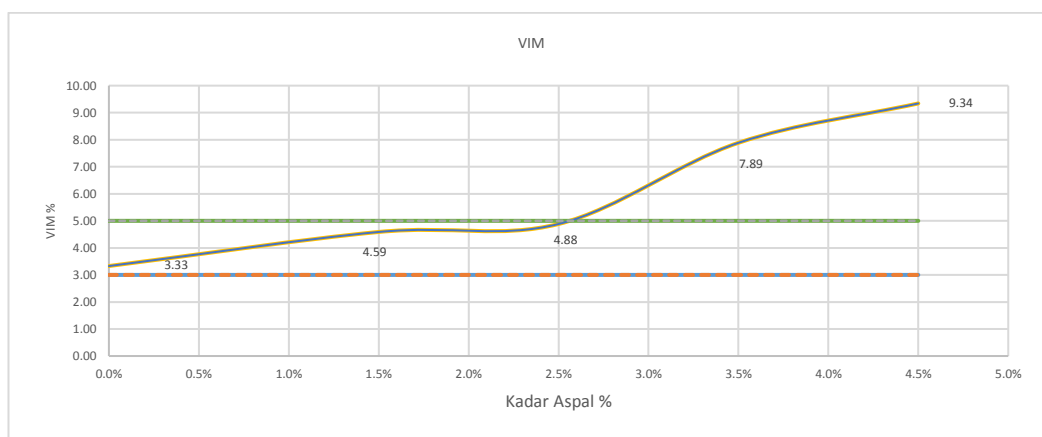
3. Rongga Terhadap Campuran (VIM)

VIM (*void in the mix*) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Jika nilai VIM (Void In Mix) yang terlampau tinggi berkurangnya keawetan dari lapis keras karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapis perkerasan. Udara akan mengoksidasi aspal sehingga selimut aspal menjadi tipis dan kohesi aspal menjadi berkurang. Jika hal ini terjadi maka akan menyebabkan terjadi lepasnya butiran (*raveling*), sedangkan air akan melarutkan bagian aspal yang tidak teroksidasi sehingga pengurangan jumlah aspal akan lebih cepat.

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

Tabel 4. 26 Hasil pengujian VIM (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

Kadar filler(%)	Nilai VIM (%)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
0,00%	3,33	3	5	Memenuhi
1,50%	4,59	3	5	Memenuhi
2,50%	4,88	3	5	Memenuhi
3,50%	7,89	3	5	Tidak Memenuhi
4,50%	9,34	3	5	Tidak Memenuhi



Gambar 4. 5 Grafik hubungan kadar aspal dan VIM

(*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

Dari gambar 4.5 grafik menunjukkan hubungan VIM dan kadar filler, pada kadar aspal dengan nilai VIM. Nilai VIM tertinggi pada sampel 4,5% yaitu

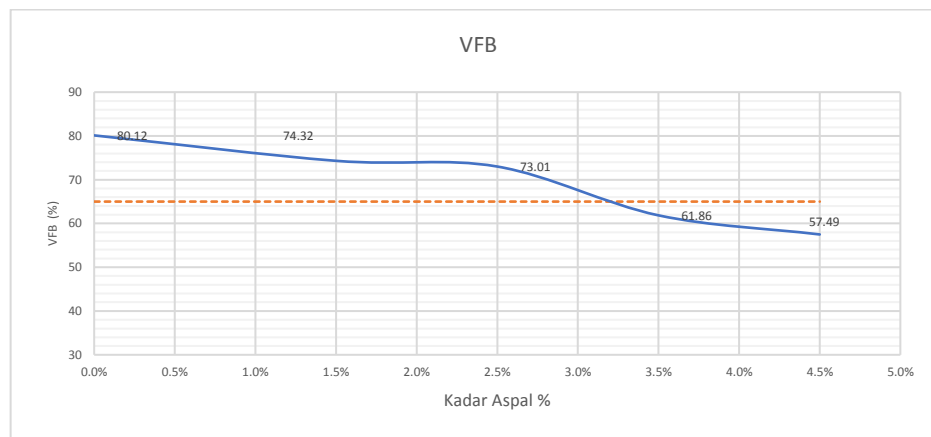
9,34% dan terendah pada sampel 0,0% dengan nilai 3,33% Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VIM (Void In Mix) yang memenuhi persyaratan yaitu sebesar 3 % - 5 %. Nilai VIM (Void In Mix) sehingga benda uji yang memenuhi spesifikasi yaitu kadar filler 1,5% dan 2,5%. Kadar Filler Tinggi (di atas 3%): Pada kadar filler yang lebih tinggi di atas 2,5%), VIM mengalami peningkatan signifikan. Ini menunjukkan bahwa pada kadar filler yang tinggi, ampas sagu sebagai filler dapat membuat campuran menjadi kurang rapat karena filler yang berlebih mungkin menyebabkan terbentuknya rongga tambahan.

4. Rongga terisi aspal (VFB)

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

Tabel 4. 27 Hasil pengujian VFB (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024*)

Kadar filler(%)	Nilai VFB (%)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
0,00%	80,12	65	-	Memenuhi
1,50%	74,32	65		Memenuhi
2,50%	73,01	65		Memenuhi
3,50%	61,86	65		Tidak memenuhi
4,50%	57,49	65		Tidak memenuhi



Gambar 4. 6 Grafik hubungan kadar aspal dan VFB

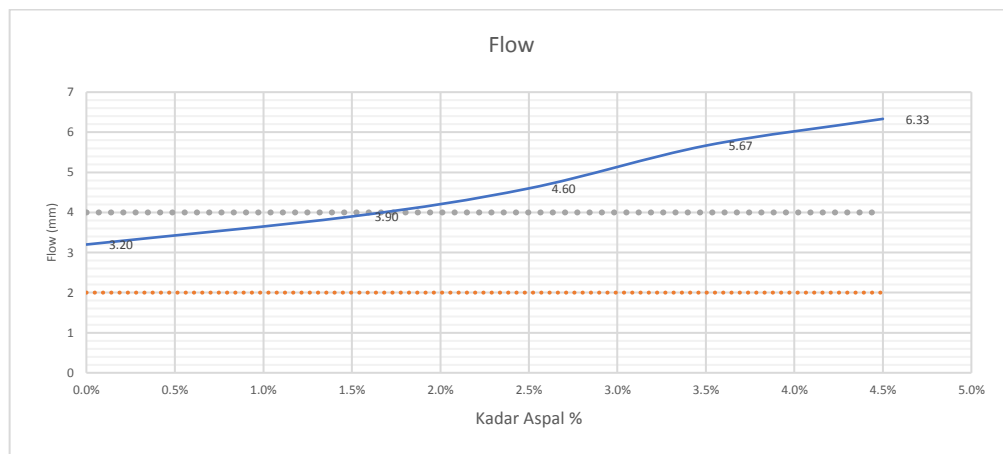
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Dari gambar 4.5 grafik menunjukkan hubungan VFB dan kadar aspal, nilai VFB tertinggi pada Kadar filler 0,0% dengan nilai 80,12% dan nilai terendah pada kadar filler 4,5% dengan nilai 57,49%. Kadar Filler Tinggi (di atas 3,5%-4,5): Pada kadar filler yang lebih tinggi, VFB terus menurun hingga sekitar 61,86%-57,49%. Penurunan ini mengindikasikan bahwa filler yang berlebih semakin mengurangi volume aspal dalam campuran, yang dapat menyebabkan rongga yang tidak terisi.

5. Nilai flow

Tabel 4. 28 Hasil pengujian Flow (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Kadar filler(%)	Nilai Flow (mm)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
0,00%	3,20	2	4	Memenuhi
1,50%	3,90	2	4	Memenuhi
2,50%	4,60	2	4	Tidak Memenuhi
3,50%	5,67	2	4	Tidak Memenuhi
4,50%	6,33	2	4	Tidak Memenuhi



Gambar 4. 7 Grafik hubungan kadar aspal dan Flow

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Dari gambar 4.6 grafik menunjukkan hubungan flow dan kadar aspal, nilai flow tertinggi pada kadar filler 0,0% dengan nilai 3,2 dan terendah pada kadar filler 4,5% dengan nilai 6,33. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai flow yang memenuhi persyaratan yaitu 2 mm – 4 mm, sehingga nilai flow yang memenuhi spesifikasi yaitu kadar filler 1,5%. 3. Kadar Filler Tinggi 4,5% yang lebih tinggi, flow terus meningkat hingga mencapai 6.33 mm pada kadar filler 4.5%. Nilai flow yang tinggi ini menunjukkan bahwa campuran menjadi lebih lunak dan lebih mudah mengalami deformasi saat diberi beban.

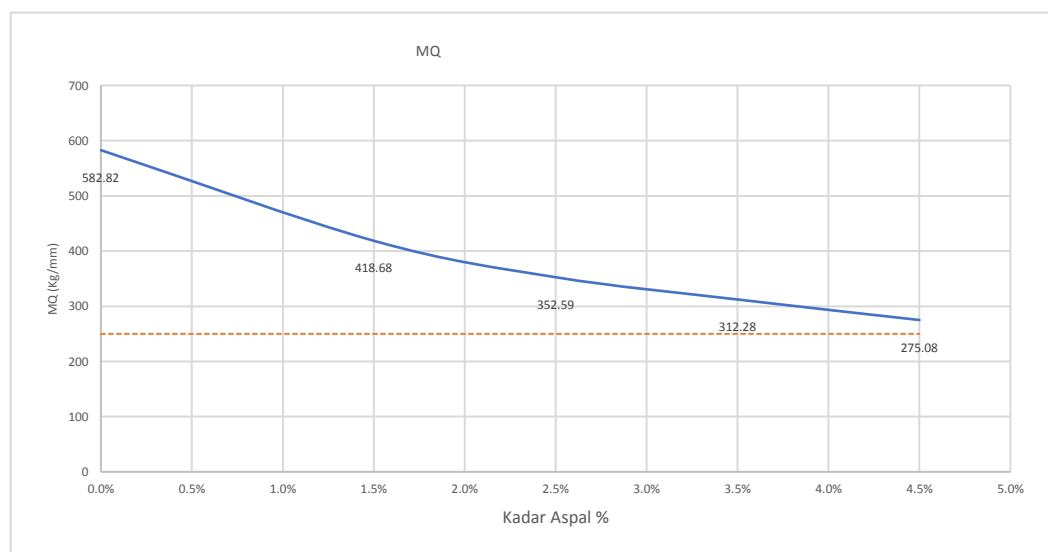
6. Marshall quotient (MQ)

Nilai Marshall Quotient (MQ) yaitu dari hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan (flow) merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas komposisi campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* (QM) bertanda komposisi campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil

Marshall Quotient (QM) maka perkerasannya semakin lentur. Hubungan antara MQ dengan kadar aspal dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini.

Tabel 4. 29 Hasil pengujian Marshall Quotient (QM) (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Kadar filler(%)	Nilai MQ (Kg/mm)	Spesifikasi		Keterangan
		Min	Maks	
0,00%	582,82	250	-	Memenuhi
1,50%	418,68	250		Memenuhi
2,50%	352,59	250		Memenuhi
3,50%	312,28	250		Memenuhi
4,50%	275,08	250		Memenuhi



Gambar 4. 8 Grafik hubungan kadar aspal dan MQ

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2024)

Dari gambar 4.7 grafik menunjukkan hubungan MQ dan kadar aspal, nilai MQ tertinggi pada kadar filler 0,0% yaitu 582,82 dan terendah pada kadar filler 4,5 dengan nilai 275,08. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai MQ yang memenuhi persyaratan yaitu minimal 250 mm/kg, sehingga semua nilai MQ pada semua sampel dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan

H. Pembahasan

Dari hasil penelitian penggunaan ampas sagu sebagai filler pengganti pada campuran aspal AC-WC yang telah dilakukan di Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Stabilitas

Nilai stabilitas maksimum pada sampel 0,0% sebesar 18631,34 kg dan minimum pada sampel 2,5% sebesar 1615,80 kg.

2. Persen rongga diantara agregat (VMA)

Nilai VMA maksimum pada sampel 4,5 % sebesar 21,92 % dan minimum pada sampel 0,0 % sebesar 16,74 %.

3. Persen rongga dalam campuran (VIM)

Nilai VIM maksimum pada sampel 4,5 % sebesar 9,34 % dan minimum pada sampel 0,0 % sebesar 3,33 %.

4. Persen rongga terisi aspal (VFB)

Nilai VFB maksimum pada sampel 0,0 % sebesar 780,12% dan minimum pada sampel 4,5% sebesar 57,49 %.

5. Flow

Nilai Flow maksimum pada sampel 4,5 % sebesar 6,33 mm dan minimum pada sampel 0,0% sebesar 3,20 mm.

6. Marshall Quatinet (MQ)

Nilai MQ maksimum pada sampel 0,0 sebesar 582,82 Kg/mm dan minimum pada sampel 4,5 sebesar 275,08 Kg/mm

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian penggunaan fille abu ampas sagu pada campuran aspal AC-WC yang telah dilakukan di Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai daya tahan aspal ditinjau dari parameter marshall stability dan nilai flow.

Penggunaan abu ampas sagu pada campuran aspal AC-WC menunjukkan nilai stabilitas pada penambahan filler ampas sagu variasi 1,5% sebesar 1631,25 kg, variasi 2,5% sebesar 1615,80 kg, variasi 3,5% sebesar 1768,06 kg, dan 3,5% sebesar 1740,10 kg, dari semua variasi filler ampas sagu semua masuk spesifikasi bina marga 2018 dan nilai flow tertinggi pada kadar filler 0,0% dengan nilai 3,2 dan terendah pada kadar filler 4,5% dengan nilai 6,33. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai flow yang memenuhi persyaratan yaitu 2 mm – 4 mm, sehingga nilai flow yang memenuhi spesifikasi yaitu kadar filler 1,5% sebesar 3,90 mm. Kadar Filler 4,5% yang lebih tinggi, flow terus meningkat hingga mencapai 6.33 mm pada kadar filler 4.5%. Nilai flow yang tinggi ini menunjukkan bahwa campuran menjadi lebih lunak dan lebih mudah mengalami deformasi saat diberi beban.

2. Berdasarkan hasil analisis dampak penggunaan abu ampas sagu sebagai filler pada campuran aspal AC-WC terhadap kinerja jalan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu ampas sagu memberikan pengaruh signifikan terhadap ketahanan deformasi rutting dan stabilitas campuran. Pada kadar optimal 1,5%, filler abu ampas sagu menunjukkan kinerja terbaik dengan nilai stabilitas 1631,25 kg dan flow 3,90 mm yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, serta mampu mengisi rongga-rongga antar agregat untuk menciptakan interlocking yang lebih baik. Namun, penggunaan kadar filler yang lebih tinggi ($>1,5\%$) justru berdampak negatif, dimana campuran menjadi terlalu lunak dengan nilai flow yang meningkat hingga 6,33 mm pada kadar 4,5%, yang mengakibatkan campuran lebih rentan terhadap deformasi permanen dan rutting saat menerima beban berulang. Meskipun nilai stabilitas mencapai maksimum pada kadar 3,5% (1768,06 kg), kondisi ini tidak direkomendasikan karena nilai flow yang terlalu tinggi (5,2 mm) dapat mengompromikan ketahanan jalan terhadap deformasi. Oleh karena itu, untuk mencapai kinerja jalan yang optimal dalam hal ketahanan terhadap deformasi rutting dan stabilitas, penggunaan abu ampas sagu sebagai filler pada campuran aspal AC-WC sebaiknya dibatasi pada kadar 1,5%, disertai dengan monitoring dan evaluasi berkala terhadap kinerja jalan, terutama pada daerah dengan suhu tinggi dan beban lalu lintas berat.

B. Saran

1. Melakukan penelitian variasi kadar filler abu ampas sagu dengan interval yang lebih detail (0.5%-1.5%)
2. Mengeksplorasi kombinasi abu ampas sagu dengan material lokal lainnya untuk meningkatkan kinerja campuran
3. Mengembangkan metode perbaikan karakteristik abu ampas sagu sebagai filler.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas Tahir. (2023). *Karakteristik Campuran Beton Aspal (Ac-Wc) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara. Diperoleh dari: Diakses 27 Maret 2023).*
- Budi Winarno., Ki Catur Budi., Sumargono., Agata Iwan Candra., Saiful Muslimin & Sudjati. (2020). *Pengaruh Abu Batu Sebagai Filler Terhadap Kinerja Aspal Beton Ac-Wc Pada Test Marshall.* Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Kadiri. *Jurnal CIVILLa Vol. 5 No. 2.*
- Hakas Prayuda, Endra Aji Setyawan & Fadillawaty Saleh³. (2018). Analisis Sifat Fisik Dan Mekanik Batu Bata Merah Di Yogyakarta. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil. Vol. 1 No. 2.*
- Jojeffrey Etter¹., Ina Elvina & Robby. (2022). Penggunaan Abu Cangkang Karet sebagai Tambahan Filler pada Campuran Aspal Panas Jenis Hot Rolled Sheet. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Palangka Raya Indonesia. *Jurnal Serambi Vol.7 No. 4.*
- Jonizar., Nadia Khaira Ardi & Dian Hastari Agustina. (2015). Pengaruh Penggunaan Abu Batu Dan Semen Portland Sebagai Filler Tambahan Terhadap Sifat Campuran Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC). Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Riau Kepulauan. Batam. *Prosiding 2nd Andalas Civil Engineering National Conference.*
- Jumantara, Bayu Agus. "Modifikasi Selulosa Ampas Sagu dengan Polimerisasi Pencangkakan dan Penautan-Silangan." *Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor* (2011).
- Kartina, Kartina, dkk. "Strategi Peningkatan Nilai Tambah Komoditi Usaha Tani Sagu Di Kecamatan Belopa Kabupaten Luwu." *Jurnal Pendidikan Ekonomi dan Kewirausahaan* 4.2 (2021): 115-132.
- Lilies Widojoko. (2016). Pengujian Pemadatan Campuran Beton Aspal. Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Sipil UBL. Vol. 7 No. 2.*
- Misbah, Misbah, dan Usratul Hidayat. *Pengaruh Penggantian Abu Batu Menggunakan Abu Cangkang Pensi Pada Campuran Aspal (Ac-Wc) Dengan Pengujian Marshall.* *Ensiklopedia Jurnal* 5.2 (2023): 397-403.
- Mohamad Purwoko Sidi., Bambang Wedyantadji., Mohammad Erfan. (2020). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Dalam Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC). Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang. *e-journal GELAGAR Vol. 2 No. 1.*
- Nikodemus Tandung., Rais Rachman & Alpius. (2021). Kadar Aspal Optimum Laston Lapis Aus Menggunakan Abu Jerami Sebagai Pengganti Filler.

- Program Studi Teknik Sipil. Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar. *Jurnal Teknik Sipil UKIPaulus-Makassar Volume 3 Issue 4*.
- Satria Arung Bangun Samodera., Yosef Cahyo S.P., Ahmad Ridwan & Agata Iwan Candra. (2019). Penelitian Penambahan Serbuk Bata Merah Dan Pasir Brantas Pada Aspal Beton. Fakultas Teknik. Universitas Kadiri. *JURMATEKS. Vol.2 No.2*.
- Singgih Subagyo & Emanuel Yosef M. (2023). Pengendalian Mutu Pelaksanaan Aspal Beton (AC-BC). Program Studi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta. *Jurnal Vol. V No.1*.
- Sri Handayani. (2018). Kualitan Batu Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. *Jurnal Teknik Sipil & perencanaan. Vol. 12 No.1*.
- Wardana, Wisnu. *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Pada Campuran Aspal Beton Pada Sifat Marshall*. Dis. Universitas Islam Riau, 2020.
- Wedda, Ahmad Alfian P., Lambang Basri, dan Andi Alifuddin. "Analisis Pemanfaatan Abu Ampas Sagu Terhadap Nilai Karakteristik dan Deformasi Pada Campuran Beton Aspal." *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil dan Lingkungan* 6.1 (2024): 118-130.
- Wibowo, Agus, Yulis Widhiastuti, dan Antonius Andi Tjandra. "Pemanfaatan Serbuk Bata Merah Untuk Campuran Aspal Beton Ac-Wc Terhadap Karakteristik Marshall." *Jurnal Teknik Sipil* 7.1 (2022): 15-33.