

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jalan merupakan suatu struktur yang sangat penting bagi masyarakat, karena kondisi jalan berpengaruh pada perputaran ekonomi di masyarakat dan sistem transportasi. 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.

Penelitian ini untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan dengan mencoba menggunakan filler sebagai bahan pengisi penggunaan material konstruksi jalan, dimana filler adalah bahan yang ada dalam campuran aspal panas. Untuk mengatasi kekurangan kadar filler tersebut biasanya digunakan semen atau kapur, namun di beberapa daerah kadang tidak mudah untuk mendapatkan semen dengan harganya pun relatif semakin mahal.

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

Industri batu merah merupakan salah satu komponen dari sektor industri pengolahan yang mempunyai andil besar dalam menciptakan lapangan pekerjaan di Indonesia, di samping sifat usahanya yang kebanyakan masih memerlukan pembinaan yang terus menerus agar masalah yang dihadapi dapat segera diatasi. Beberapa masalah utama yang sering dihadapi antara lain masalah permodalan, pemasaran, keterampilan dalam mengelola usaha.

Salah satu dampak yang sering terjadi dalam industry pembuatan batu bata adalah pencemaran udara dan pencemaran lingkungan. Dimana yang sering terjadi ketika batu bata yang sudah tidak dapat digunakan lagi atau rusak biasanya akan dibuang disungai dan akan menimbulkan pencemaran pada air.

Berdasarkan pada masalah yang terjadi penulis tertarik untuk mengambil penelitian “pengaruh kekuatan aspal dengan penambahan abu bata sebagai pengganti *filler* pada lapisan AC-WC dan AC-BC dengan latar belakang menggunakan pemanfaatan batu bata yang sudah tidak layak untuk digunakan dengan memanfaatkan sebagai campuran aspal untuk mengurangi pencemaran yang sering terjadi di lingkungan.

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif (pengujian) dengan pengujian marshall untuk mengetahui karakteristik marshall test. Adapun lokasi tempat pengambilan sampel batu bata sebagai agregat pengganti *filler* di Kab. Pinrang, Sulawesi selatan.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh tingkat kekuatan Aspal AC-WC dan AC-BC dengan penambahan abu bata sebagai *Filler*?
2. Bagaimana pengaruh presentase penambahan abu bata pada campuran lapisan aspal AC-WC dan AC-BC ?

C. Tujuan Penelitian

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

1. Untuk Mengetahui pengaruh tingkat kekuatan Aspal AC-WC dan AC-BC dengan penambahan abu bata sebagai *Filler*.
3. Untuk mengetahui pengaruh prosentase penambahan abu bata pada campuran lapisan aspal AC-WC dan AC-BC.

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 batu bata merah sebagai bahan pengganti *filler* terhadap karakteristik aspal AC-WC dan AC-BC.
2. Penelitian ini akan menggunakan batu bata kab. Pinrang

3. Menggunakan variasi Kadar Aspal 5% dan 6%
4. Variasi pengganti *filler* terhadap karakteristik aspal AC-WC dan AC-BC sebanyak 5% dan 6%
5. Benda uji pada penelitian ini untuk masing-masing variasi sebanyak 24 buah.
6. Kadar pengganti *filler adalah* abu bata
7. Pengambilan agregat kasar, halus, dan aspal diambil di PT. LAKERA BUM Kab.pinrang
8. 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 batu bata sebagai bahan alternatif *filler* dalam campuran aspal panas, khususnya AC-WC dan AC-BC 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 dan AC-BC menggunakan filler abu bata merah.
4. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan tentang pengaruh kekuatan aspal dengan penambahan abu bata sebagai pengganti *filler* pada lapisan perkerasan AC-WC dan AC-BC dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dan acuan untuk penelitian selanjutnya.

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 masalah, batasan masalah, manfaat masalah 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 dan AC-BC 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. Batu Bata

Batu bata adalah suatu unsur bangunan yang di pergunakan dalam pembuatan kontruksi yang di buat dari tanah liat di tambah air atau dengan bahan campuran lainnya melalui bebrapa tahap pengerjaan, seperti menggali, mengulah, mencetak, mengeringkan, membakar pada temperature tinggi hingga berubah warna dan matang, serta akan mengeras jika di dinginkan hingga tidak dapat hancur lagi bila di rendam air.

Bata merah merupakan salah satu bahan material sebagai bahan pembuat dinding. Bata merah terbuat dari tanah liat yang dibakar dengan suhu tinggi sampai bewarna kemerah-merahan. Bata merah merupakan salah satu bahan pembuat dinding yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Hal ini karena bata merah merupakan bahan yang tahan api. Selain itu, ukuran bata merah yang relatif cukup ditangan juga memungkinkan pekerjaan pemasangan bata merah cukup mudah dikerjakan dan divariasi oleh tukang. Sifat yang perlu diperhatikan untuk bata merah

adalah kekuatan menahan beban tekan, tidak terdapat cacat atau retak-retak pada permukaannya, kandungan garamnya kecil atau tidak mengandung garam, tepinya tajam dan penyerapan airnya memenuhi persyaratan

Batu bata merah adalah suatu unsur bangunan yang dipergunakan dalam pembuatan konstruksi bangunan dan dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. Batu bata merah merupakan bagian bangunan yang digunakan untuk membuat suatu bangunan. Bahan bangunan untuk membuat batu bata merah bersal dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain yang kemudian dibakar pada suhu tinggi hingga tidak dapat hancur lagi apabila direndam didalam air.

Tanah liat merupakan bahan dasar dalam pembuatan batu bata merah yang memiliki sifat plastis dan susut kering. Sifat plastis pada tanah liat sangat penting untuk mempermudah dalam proses awal pembuatan batu bata merah. Apabila tanah liat yang dipakai terlalu plastis, maka akan mengakibatkan batu bata merah yang dibentuk mempunyai sifat kering yang tinggi sehingga akan mempengaruhi hasil pembakaran batu bata merah yang sudah jadi.

Tanah liat yang dibakar akan mengalami perubahan warna sesuai dengan zat zat yang terkandung didalamnya. Warna tanah liat bermacam-macam tergantung dari oksid-oksida logam yang terkandung dalam tanah liat, seperti aluminium, besi, karbon, mangan, maupun kalsium. Senyawa-senyawa besi menghasilkan warna krem, kuning, merah, hitam dan coklat. Liconit merupakan senyawa besi yang sangat umum menghasilkan warna krem, kuning dan coklat. Sedangkan hematit akan memberikan

warna merah pada tanah liat. Senyawa besi silikat memberi warna hijau, senyawa mangan menghasilkan warna coklat, dan senyawa karbon memberikan warna biru, abu-abu, hijau, atau coklat. Perubahan warna batu bata meerah dari keadaan mentah sampai setelah dibakar biasanya sulit dipastikan.

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 kontruksi 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:

a. *Stabilitas*

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

b. *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.

c. *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.

d. 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.

e. Kedap air

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

f. Kemudahan pekerjaan (*workability*)

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

g. 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, ACBC 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 2010*)

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 persentase 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 M. Shidqul Aziz (2017) “*Studi penelitian pemanfaatan limbah bata merah sebagai filler pada beton aspal AC-WC*”. Penelitian ini menggunakan Filler limbah bata merah lebih unggul dibandingkan dengan *filler* abu bata beton aspal AC-WC terhadap uji parameter marshall dikarenakan limbah bata merah sebagai *filler* yang berasal dari tanah liat, telah mengalami tahap pembakaran penuh pada suhu 920°C – 1020°C hingga menjadi bata padat. Selain itu, komposisi tanah yang berasal dari kecamatan turen mengandung kaolinite.
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 Nurfaizah (2022) “*Pengaruh kekuatan aspal dengan penambahan serbuk abu bata sebagai pengganti filler pada lapis AC-WC di leppe majene Sulawesi barat*”. Penelitian ini menggunakan metode pemanfaatan limbah abu bata sebagai pengganti filler dengan penggunaan 5 variasi metode marshall test layak untuk digunakan dengan nilai VMA, VIM, VFB, Stabilitas, flow dan MQ yang telah diteliti sudah memenuhi persyaratan Bina marga tahun 2018 Devisi 6.

5. Evie Dwi Labora Bancin (2021) “*Pengaruh Penggunaan Tanah Merah Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Ac-Bc Terhadap Nilai Marshall*”. Dalam penelitian ini jumlah Filler yang digunakan dua variasi yaitu 2% dan 4% untuk setiap kadar aspal yang digunakan yaitu 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5%. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan Tanah Merah dalam campuran laston AC-BC terhadap sifat karakteristik parameter Marshall. Penelitian ini menggunakan metode Marshall berdasarkan SNI dan Spesifikasi Kementrian Umum Direktorat Jendral Bina Marga. Hasil pengujian Marshall menunjukkan nilai stabilitas rata- rata penggunaan Filler Tanah Merah dengan variasi 2% sebesar 1325 kg dan kelelahan sebesar 3,40mm sedangkan pada penggunaan Filler Tanah Merah dengan variasi 4% memiliki nilai stabilitas rata- rata sebesar 1265kg dan kelelahan 3,55mm. setelah dilakukan pengujian Marshall didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa penggunaan Tanah Merah pada campuran aspal dapat dijadikan sebagai sebagai bahan pengisi rongga (filler) campuran lapisan aspal AC- BC.
6. Ilham, Jayadi (2022) “ *Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Gypsum Sebagai Filler Pada Campuran Ac-Bc Terhadap Nilai Marshall*”. Penelitian menggunakan limbah serbuk gypsum sebagai pengganti filler semen portland pada campuran aspal beton untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan limbah serbuk gypsum terhadap kuat tekan lapisan aspal beton (AC-BC) yang merupakan salah satu bagian dari lapis perkerasan yang berfungsi sebagai lapis antara. Tujuan dari penelitian ini

adalah untuk mengetahui nilai Stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFB dan MQ pada campuran aspal beton AC-BC yang menggunakan limbah serbuk gypsum sebagai bahan pengisi. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yang dilakukan dengan melakukan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data, penelitian ini dilakukan di Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan menggunakan variasi bahan pengisi (filler) dengan kadar serbuk gypsum 1%, 2%, dan 3% terhadap berat total agregat dan kadar aspal yang digunakan adalah 5,2% (kadar aspal rencana). Semua diuji sesuai dengan metode Marshall untuk mendapatkan data stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFB dan MQ. Kadar aspal optimum (KAO) yang digunakan adalah 5,2% dengan variasi filler serbuk gypsum 1%, 2%, dan 3%. Nilai stabilitas naik dengan bertambahnya kadar filler dan mencapai puncaknya pada kadar filler 3% dengan nilai stabilitas 968 kg. Dari hasil pengujian ini, dinyatakan bahwa kadar aspal efektif dengan menggunakan serbuk gypsum lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan campuran filler semen portland dan nilai stabilitas campuran aspal beton dengan menggunakan serbuk gypsum lebih rendah dibandingkan nilai stabilitas campuran aspal beton semen Portland.

7. 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.

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 bata. Prosedur penelitian ini dikerjakan dengan segala pengecekan material terhadap dampak pengujian dengan persyaratan yang ditetapkan.

Kemudian membuat 2 (dua) jenis struktur lapisan aspal dan dibuat beberapa buah benda uji masing-masing dari 2 (dua) jenis struktur lapisan aspal tersebut, serta penambahan bahan abu bata 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 Agustus - September 2023. Adapun alokasi waktu untuk setiap tahapan penelitian diuraikan dalam time schedule sebagai berikut:

Table 3.1 Time schedule pelaksanaan penelitian (*Sumber: Data pribadi*)

No	Tahapan penelitian	Durasi (minggu)	ALOKASI WAKTU											
			AGUSTUS 2023				AGUSTUS 2023				SEPTEMBER 2023			
			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 24 (dua puluh empat) sampel dengan model kubus.

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

- 5) Satu 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.

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

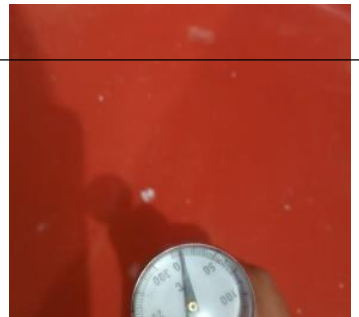
3. Alat pengujian

a. Alat marshal

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

Mesin penumbuk	Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbukan rata-rata yang berbentuk selinder dengan berat 4,563 kg dengan tinggi jatuh 45,7	
Ladatan pemadat	Landasan yang terdiri dari kayu yang berukuran 20,32 x 20,32x45,72cm dan jangakaran pada lantai beton di keempat bagian sudutnnya	
Alat pengeluaran benda uji	Alat ini untuk mengeluarkan benda uji yang sudah di padatkan dari dalam cetakan benda uji di pakai sebuah alat	

	sekunder	
Kepala penekan	Alat yang berbentuk lekungan (breking head)	
Cincin pengguji	Cincin (proving ring) kapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg lengkap dengan arloji dial dengan ketelitian 0,0025mm	
Arloji	Pengukur alir (flow) dengan ketelitian 0,25 mm beserta dengan kelengkapannya	
Oven	Oven yang dilengkapi	

	dengan pengatur suhu melalui 20-60 °C($\pm 3^{\circ}\text{C}$)	
Bak perendam	Bak yang dilengkapi dengan pengatur suhu mulai 20-60 °C($\pm 1^{\circ}\text{C}$)	
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	
Pengukur suhu	pengukur suhu dari	

	logam (metal termomer) berkapasitas 250 °C dan °C dengan kertelitian 1 % dari kapasitas	
--	--	--

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

Pada penelitian ini aspal yang digunakan ialah aspal penetrasi 60/70 yang di peroleh dari laboratorium.

2) Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini yakni agregat dari PT.Lakera Bum Kab. Pinrang

3) Agregat halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini yakni agregat halus PT.Lakera Bum dari Kab. Pinrang

4) Abu bata

Di gunakan untuk pengujian ini di peroleh dari pabrik batu bata di kab. Pinrang dalam kondisi masih utuh bebas dari kotoran kemudian bata di hancurkan sampai halus lalu di saringan

4. Prosedur penelitian

Pada bab ini di uraikan kerja pengujian yaitu berupa uraian kegiatan untuk 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 5% dan 6% dari berat total campuran.
 - 2) Menentukan kadar aspal masing masing benda uji yaitu sebesar 5% dan 6% dari berat total campuran sesuai dengan acuan penelitian.
 - 3) Menghitung jenis gradasi agregat gabungan untuk campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi agregat gabungan jenis AC-WC dan AC-BC 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.
5. Pembuatan 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:

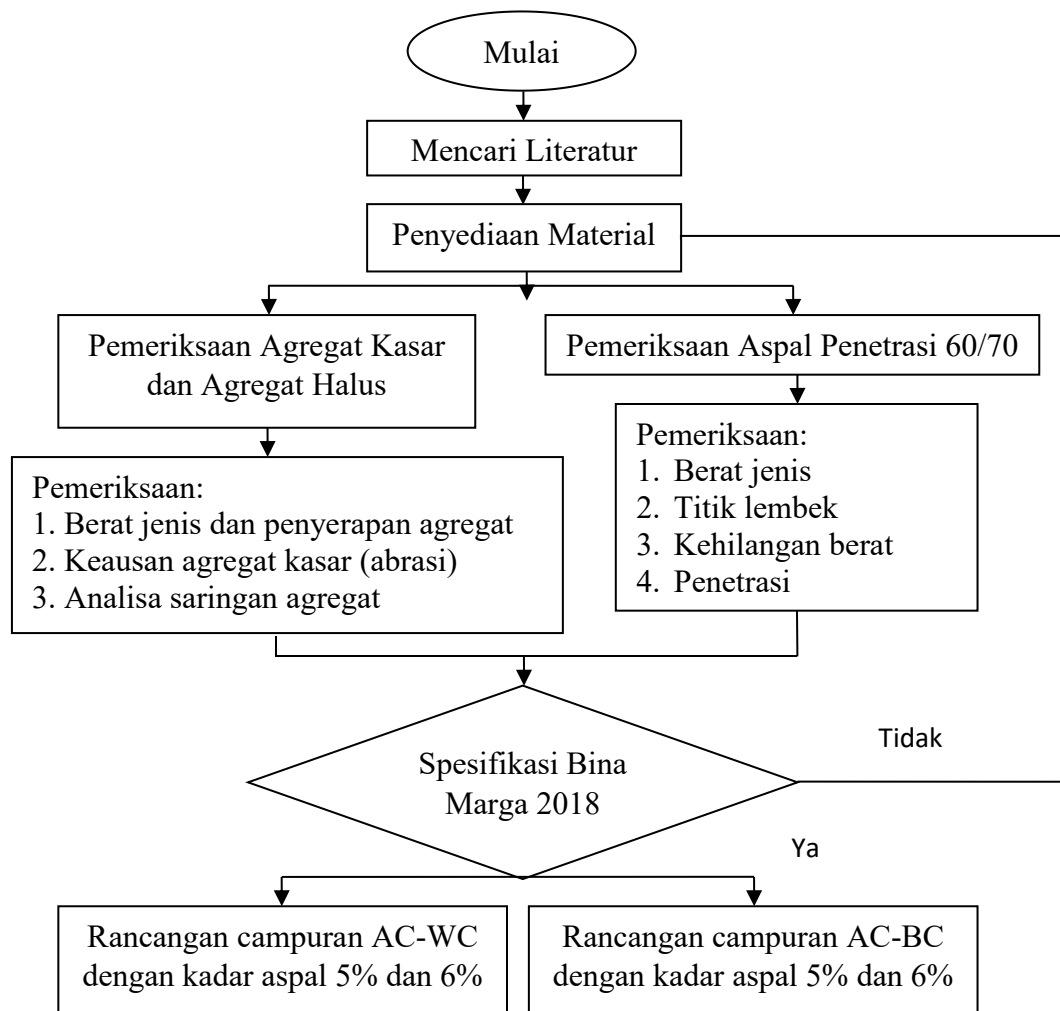
- a) Untuk setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1200 sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira kira $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$
 - b) Panaskan panci pencampur beserta agregat kira kira 28°C di atas suhu pencampuran untuk aspal padat dan apa bila menggunakan aspal cair maka pemanasan sampai 14°C diatas suhu pencampuran.
 - c) Tuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan sebnyak yang dibutuhkan kedalam agregat yang sudah di panaskan 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 selembat 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.

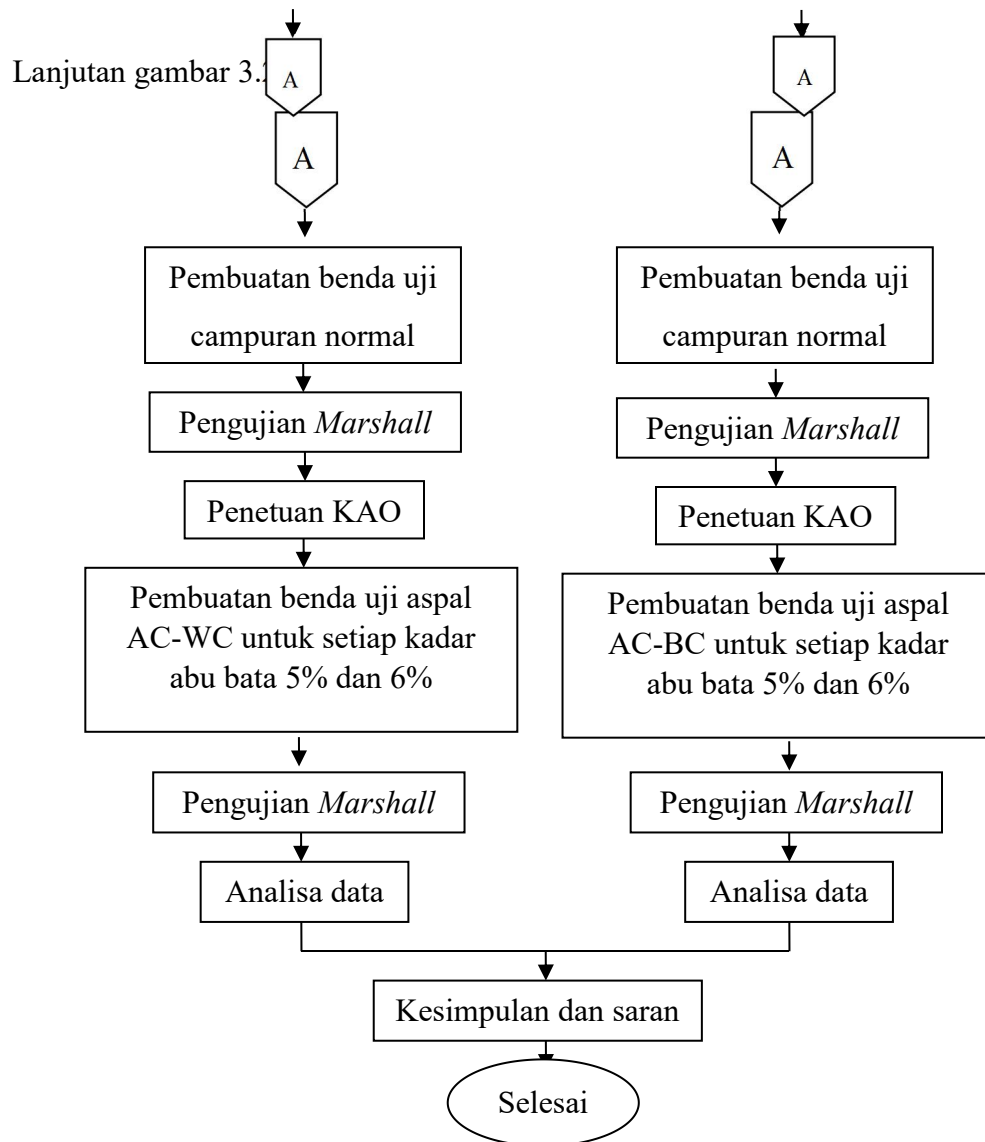
- e) Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali dengan tinggi jatuh 457,2 mm selama pemadatan harus diperhatikan agar sumbu palu pemadatan selalu tegak lurus pada alat cetakan.
 - f) Pelat atas berikut leher sabung di lepas dari cetakan benda uji kemudian cetakan yang berisi benda uji di 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 lepaskan 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 tala penegenal 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.
6. Langkah langkah dalam pengujian Marshall dapat dilihat berikut ini:
- a) 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 ($\pm 1^\circ\text{C}$).
 - b) Keluarkan benda uji dari bak perendam kemudian letakkan kedalam segmen bawah kepala penekan
 - c) Pasang segmen atas dibagian atas benda uji dan letakkan kedalam mesin penguji.
 - d) Pasang arloji pengukur alir (flow)pada kedudukanya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk.
 - e) Pada angka nol sementara selubung tangkai arloji (sleeve) di pegang teguh terhadap sigma atas kepala penekan,
 - f) Sebelum pembebanan di berikan, kepala penekan penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji.

- g) Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
- h) 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
- i) Catat nilai alir flow yang di tunjuk oleh jarum arloji pengukur air pada saat pembebanan maksimum tercapai.

D. Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisik Agregat

Pengujian sifat-sifat fisik agregat terdiri dari pengujian pengujian berat jenis dan penyerapan agregat, dan pengujian keausan agregat kasar (abrasi), dan analisa saringan agregat.

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Dalam pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat, hasil prosedur pemeriksaan merujuk pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Dari hasil pemeriksaan diperoleh data pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, dan Tabel 4.3.

a. Berat jenis agregat kasar 1-2

Tabel 4.1 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar 1-2
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Sat.	Ket.
1	Berat jenis bulk	2,64	Min 2,5	Gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2,69			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2,80			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	2,15	Maks. 3	%	Memenuhi

Dari hasil berat jenis agregat kasar 1-2 diatas, didapat nilai berat jenis bulk 2,64 gr, berat jenis kering permukaan 2,69 gr, berat jenis semu 2,80 gr, dan penyerapan 2,15%. Berdasarkan persyaratan spesifikasi berat jenis yaitu minimum 2,5 dan penyerapan air maksimal 3% maka agregat dalam pengujian ini telah memenuhi.

b. Berat jenis agregat kasar 0,5

Tabel 4.2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar 0,5
(Sumber:
Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Sat.	Ket.
1	Berat jenis bulk	2,78	Min 2,5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2,74			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2,67			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	1,41	Maks. 3	%	Memenuhi

Dari pengujian berat jenis agregat kasar 0,5 diatas didapat nilai berat jenis bulk 2,78 gr, berat jenis kering permukaan 2,74 gr, berat jenis semu 2,67 gr, dan penyerapan 1,41%. Berdasarkan persyaratan spesifikasi berat jenis yaitu minimum 2,5 dan penyerapan air maksimal 3% maka agregat dalam pengujian ini telah memenuhi.

c. Berat jenis agregat halus (Abu Batu)

Berikut hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar abu batu.

Tabel 4.3 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar abu batu
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Sat.	Ket.
1	Berat jenis bulk	2,82	Min 2,5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2,85			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2,91			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	1,17	Maks. 3	%	Memenuhi

Dari pengujian berat jenis agregat halus (abu batu) diatas didapat nilai berat jenis bulk 2,82 gr, berat jenis kering permukaan 2,85 gr, berat jenis semu 2,91 gr, dan penyerapan 1,17%. Berdasarkan persyaratan spesifikasi berat jenis yaitu minimum 2,5 dan penyerapan air maksimal 3% maka agregat dalam pengujian ini telah memenuhi.

d. berat jenis *filler* (Abu bata)

Tabel 4.4 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan *filler* (abu bata) (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Sat.	Ket.
1	Berat jenis bulk	2,520	Min 2,5	gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2,545			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2,584			Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption)	0,990	Maks. 3	%	Memenuhi

Dari pengujian berat jenis *filler* (abu bata) diatas didapat nilai berat jenis bulk 2,52 gr, berat jenis kering permukaan 2,54 gr, berat jenis semu 2,58 gr, dan penyerapan 0,99%. Berdasarkan persyaratan spesifikasi berat jenis yaitu minimum 2,5 dan penyerapan air maksimal 3% maka agregat dalam pengujian ini telah memenuhi.

2. Pemeriksaan keausan agregat kasar (abrasi)

Dalam pemeriksaan keausan agregat kasar (abrasi) hasil prosedur pemeriksaan merujuk pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Tabel 4.5 Hasil pengujian agregat kasar (abrasi) 500 putaran (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023*)

Saringan		Berat		Spesifikasi
Lolos	Tertahan	Sebelum (gr)	Sesudah (gr)	
19 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	2500	3978	
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	2500	3978	
Jumlah berat (gram)		5000	3978	
Berat tertahan saringan No. 12 (gram)		5000	3978	
Persen keausan		20,44%		Maks. 30%

Pemeriksaan keausan (abrasi) agregat kasar menggunakan mesin Los Angeles kemudian diputar 500 putaran bersama dengan bola-bola baja sebanyak 11 bola. Maka diperoleh nilai keausan sebesar 20,44 %. Sesuai dengan spesifikasi yang digunakan maksimal 30%.

3. Pemeriksaan analisa saringan agregat

Pengujian analisa saringan agregat terdiri dari pengujian analisa saringan agregat kasar dan agregat halus. Dalam pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat, hasil prosedur pemeriksaan merujuk pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

a. Analisa saringan agregat kasar 1-2

Tabel 4.6 Hasil analisa saringan agregat kasar 1-2 (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023*)

No. Saringan	Sampel 1			Sampel 2			Rata-rata
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	(%) Lolos	Berat Tertahan	(%) Tertahan	(%) Lolos	
3/4"	140,4	9,96	90,04	140	9,33	90,67	90,35
1/2"	1058,3	70,55	19,49	1050,1	70,01	20,66	20,07
3/8"	133,2	8,88	10,61	177,3	11,82	8,84	9,72
4	82,1	5,47	5,13	63,4	4,23	4,61	4,87
8	48,8	3,25	1,88	39,2	2,61	2	1,94
16	0,4	0,03	1,85	0,6	0,04	1,96	1,91
30	3,8	0,25	1,60	3,4	0,23	1,73	1,67
50	1,5	0,10	1,50	1,4	0,09	1,64	1,57
100	3,8	0,25	1,25	3,8	0,25	1,39	1,32
200	1,7	0,11	1,13	2,3	0,15	1,23	1,18
Pan	17	1,13	0	18,5	1,23	0	0
Jumlah	1500	100		1500	100		

b. Analisa saringan agregat kasar 0,5

Tabel 4.7 Hasil analisa saringan agregat kasar 0,5 (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023*)

No. Saringan	Sampel 1			Sampel 2			Rata – rata
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	(%) Lolos	Berat Tertahan	(%) Tertahan	(%) Lolos	
3/4"	0	0	100	0	0	100	100
1/2"	0	0	100	0	0	100	100
3/8"	397	26,47	73,53	292	19,47	80,53	77,03
4	722,2	48,15	25,39	746,2	49,75	30,79	28,09
8	359,4	23,96	1,43	443,8	29,59	1,20	1,31
16	16,8	1,12	0,31	13,8	0,92	0,28	0,29
30	0,5	0,03	0,27	0	0	0,28	0,28
50	0	0	0,27	0	0	0,28	0,28
100	1	0,07	0,21	1	0,07	0,21	0,21
200	2,1	0,14	0,07	2,3	0,15	0,06	0,06
Pan	1	0,07	0	0,9	0,06	0	0
Jumlah	1500	100		1500	100		

c. Analisa saringan agregat halus (abu batu)

Tabel 4.8 Hasil analisa saringan agregat halus abu batu (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023*)

No. Saringan	Sampel 1			Sampel 2			Rata – rata
	Berat Tertahan	(%) Tertahan	(%) Lolos	Berat Tertahan	(%) Tertahan	(%) Lolos	
3/4"	0	9,96	90,04	140	9,33	90,67	90,35
1/2"	0	70,55	19,49	1050,1	70,01	20,66	20,07
3/8"	0	8,88	10,61	177,3	11,82	8,84	9,72
4	0	5,47	5,13	63,4	4,23	4,61	4,87
8	56,3	3,25	1,88	39,2	2,61	2	1,94
16	354,9	0,03	1,85	0,6	0,04	1,96	1,91
30	424,3	0,25	1,60	3,4	0,23	1,73	1,67

50	332,3	0,10	1,50	1,4	0,09	1,64	1,57
100	181,5	0,25	1,25	3,8	0,25	1,39	1,32
200	87,1	0,11	1,13	2,3	0,15	1,23	1,18
Pan	1	1,13	0	18,5	1,23	0	0
Jumlah	1500	100		1500	100		

B. Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Aspal

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

Tabel 4.9 Hasil pengujian aspal (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023*)

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Satuan	Keterangan
1	Berat jenis aspal	1,03	$\geq 1,0$	gr/cc	Memenuhi
2	Titik lembek aspal	49	≥ 48	$^{\circ}\text{C}$	Memenuhi
3	Kehilangan berat aspal	0,26	$\leq 0,8$	0,1 mm	Memenuhi
4	Penetrasi pada 25 $^{\circ}\text{C}$	66,20	60-70	%	Memenuhi

Dari hasil pengujian aspal diatas diperoleh nilai berat jenis aspal 1,03 gr/cc, titik lembek aspal 49 $^{\circ}\text{C}$, kehilangan berat aspal 0,26 mm, dan penetrasi pada 25 $^{\circ}\text{C}$ sebesar 66,2 mm. Berdasarkan persyaratan spesifikasi pemeriksaan aspal maka aspal dalam pengujian ini memenuhi.

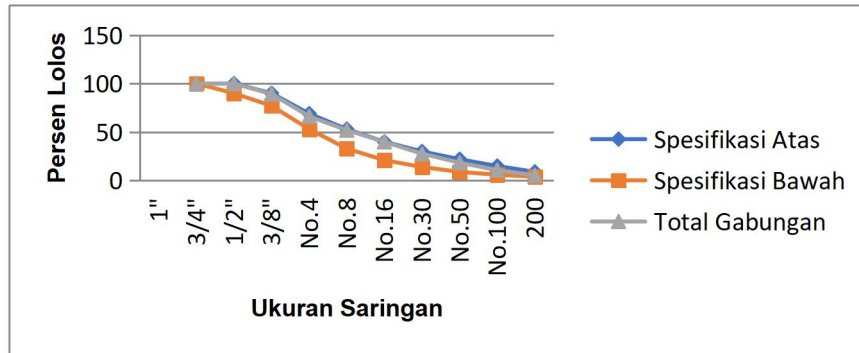
C. Hasil Rancangan Campuran

1. Gradasi agregat gabungan

Gradasi agregat gabungan menggunakan metode coba-coba (*trial and error*) yaitu nilai yang diperoleh dari analisa saringan agregat dengan memasukkan data spesifikasinya dari masing-masing analisa saringan. kemudian menentukan variasi persentase setiap agregat. Kemudian hasil penggabungan agregat diperoleh melalui perkalian persentase dengan persen lolos dari agregat sampai memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan pada aspal AC-WC dan AC-BC. Dari hasil pemeriksaan gradasi agergat gabungan AC-WC dan AC-BC diperoleh data pada Tabel 4.9, dan Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil gradasi agregat gabungan campuran aspal AC-WC (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023*)

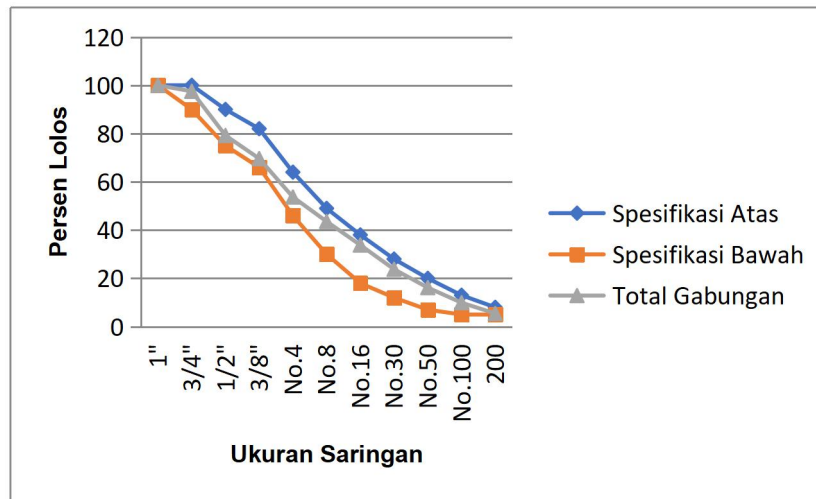
Saringan		47%	49%	Total	Spek. AC-WC
ASTM	(mm)	Agg. 0,5	Abu Batu		
1	25				
3/4"	19	47	49	100	100
1/2"	12,5	47	49	100	90-100
3/8"	9,5	36,21	49	89,21	77-90
4	4,75	13,20	49	66,20	53-69
8	2,36	0,62	47,37	51,98	33-53
16	1,18	0,14	35,78	39,92	21-40
30	0,6	0,13	23,57	27,70	14-30
50	0,3	0,13	14,29	18,42	9-22
100	0,15	0,10	6,75	10,85	6-15
200	0,075	0,03	1,38	5,41	4-9



Gambar 4.1 Grafik hasil gradasi agregat gabungan campuran aspal AC-WC
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2022)

Tabel 4.11 Hasil gradasi agregat gabungan campuran aspal AC-BC (Sumber:
Hasil
Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Saringan		26%	30%	40%	Total	Spek. AC-BC
ASTM	(mm)	Agg. 1/2	Agg. 0,5	Abu Batu		
1	25	26	30	40	100	100
3/4"	19	23,49	30	40	97,49	90-100
1/2"	12,5	5,22	30	40	79,22	75-90
3/8"	9,5	2,53	23,11	40	69,64	66-82
4	4,75	1,27	8,43	40	53,69	46-64
8	2,36	0,50	0,39	38,67	43,57	30-49
16	1,18	0,50	0,09	29,21	33,79	18-38
30	0,6	0,43	0,08	19,24	23,76	12-28
50	0,3	0,41	0,08	11,66	16,16	7-20
100	0,15	0,34	0,06	5,51	9,92	5-13
200	0,075	0,31	0,02	1,13	5,45	4-8



Gambar 4.2 Grafik hasil gradasi agregat gabungan campuran aspal AC-BC
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Pengolahan data gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal AC-WC dan AC-BC ditunjukkan dalam persen pada berat agregat, serta harus memenuhi spesifikasi yang berada antara batas atas dan batas bawah. Dari hasil gradasi agregat gabungan campuran aspal AC-WC dan AC-BC diatas telah memenuhi batas-batas Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

2. Hasil berat agregat yang dibutuhkan untuk pembuatan benda uji

Dari hasil analisa gradasi agregat gabungan pada campuran aspal AC-WC dan AC-BC diatas, maka dibuat berat agregat untuk pembuatan benda uji campuran aspal normal dan benda uji yang menggunakan bahan tambah abu bata. Maka, diperoleh perhitungan berat agregat yang dibutuhkan seperti pada Tabel 4.12, Tabel 4.13, Tabel 4.14 dan Tabel 4.15.

Tabel 4.12 Hasil berat agregat untuk benda uji campuran aspal normal pada lapisan aspal AC-WC dan AC-BC (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Jenis Lapisan aspal	Kadar Aspal (%)	Aspal (gr)	Agregat 1-2 (gr)	Agregat 0,5 (gr)	Abu Batu (gr)	Semen (gr)
AC-WC	5%	60	-	535,8	547,2	57
	6%	72	-	530,16	541,44	56,4
AC-BC	5%	60	296,4	342	456	45,6
	6%	72	293,28	338,4	451,2	45,12

Tabel 4.13 Hasil berat agregat untuk benda uji pengganti filler menggunakan abu bata 5% pada lapisan aspal AC-WC dan AC-BC (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023*)

Jenis Lapisan aspal	Kadar Aspal (%)	Aspal (gr)	Agregat 1-2 (gr)	Agregat 0,5 (gr)	Abu Batu (gr)	Abu Bata(gr) 5%
AC-WC	5%	60	-	535,8	490,2	57
	6%	72	-	530,16	485,04	56,4
AC-BC	5%	60	289,44	334,5	446,2	54,9
	6%	72	286,65	330,7	441,3	53,5

Tabel 4.14 Hasil berat agregat untuk benda uji pengganti filler menggunakan kadar abu bata 6% pada lapisan aspal AC-WC dan AC-BC (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023*)

Jenis Lapisan aspal	Kadar Aspal (%)	Aspal (gr)	Agregat 1-2 (gr)	Agregat 0,5 (gr)	Abu Batu (gr)	Abu Bata (gr) 6%
AC-WC	5%	60	-	535,8	433,2	114
	6%	72	-	530,16	428,64	112,8
AC-BC	5%	60	289,44	334,5	398,8	110,4
	6%	72	286,65	330,7	393,4	108,8

D. Hasil Kadar Aspal Optimum Pada Campuran Normal

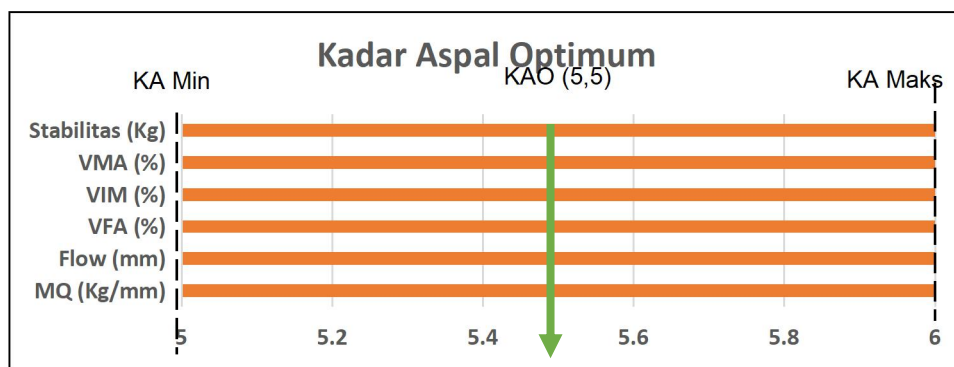
Kadar aspal optimum merupakan jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agregat agar tercapai spesifikasi persyaratan Stabilitas, VMA, VIM, VFA, *Flow*, dan *Marshall Quotient*. Penentuan kadar aspal optimum untuk menentukan besar kadar aspal yang efektif pada campuran yang dibutuhkan untuk pembuatan 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 dan AC-BC dengan kadar aspal 5% dan 6% dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.15 Hasil uji Marshall campuran normal aspal AC-WC (*Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023*)

Karakteristik	Spesifikasi Umum	Kadar Aspal (%)	
		5%	6%
Stabilitas (kg)	Min. 800	1262,45	1262,45
VMA (%)	Min. 15	15,04	15,04

Karakteristik	Spesifikasi Umum	Kadar Aspal (%)	
		5%	6%
VIM (%)	3-5	4,94	4,94
VFA (%)	Min. 65	67,30	67,30
Flow (mm)	2-4	3,31	3,31
MQ (kg/mm)	Min 250	387,72	387,72

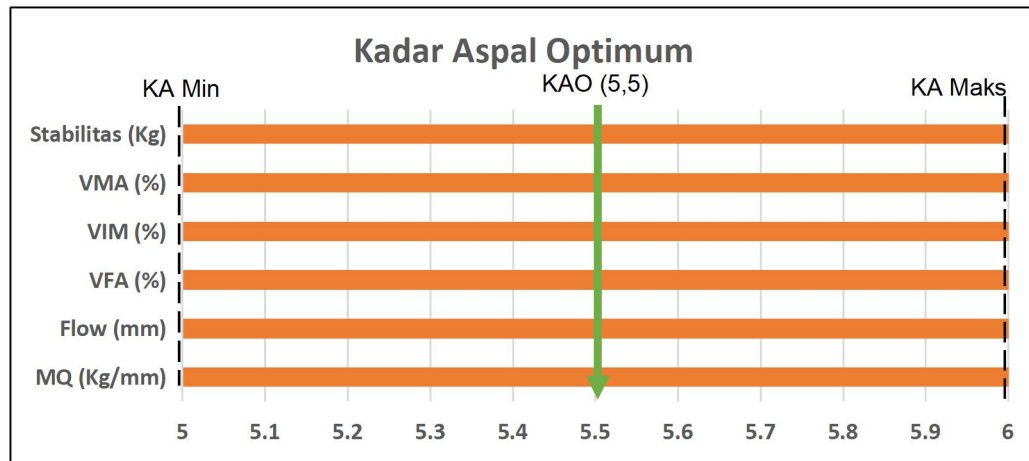


Gambar 4.3 Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO) pada aspal AC-WC normal
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

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

Tabel 4.16 Hasil uji Marshall campuran normal aspal AC-BC (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Karakteristik	Spesifikasi Umum	Kadar Aspal (%)	
		5%	6%
Stabilitas (kg)	Min. 800	1159,31	1159,31
VMA (%)	Min. 14	15,91	15,91
VIM (%)	3-5	4,64	4,64
VFA (%)	Min. 65	70,82	70,82
Flow (mm)	2-4	3,58	3,58
MQ (kg/mm)	Min 250	323,83	323,83



Gambar 4.4 Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO) pada aspal AC-BC normal
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

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

Berdasarkan gambar 4.3 dan gambar 4.4 diatas menunjukkan nilai stabilitas, VMA, VIM, VFA, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ) memenuhi spesifikasi untuk aspal AC-WC dan AC-BC dengan kadar aspal 5% dan 6%. Maka untuk setiap jenis aspal, nilai kadar aspal optimum yang diperoleh 5,5%.

E. Hasil Pengujian *Marshall*

Dari hasil pengujian dan pengolahan data, diperoleh parameter *Marshall* pada lapisan aspal *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) menggunakan abu bata sebagai pengganti filler dengan menggunakan kadar abu bata 5% dan 6%

1. Hasil pengujian parameter karakteristik *Marshall* pada aspal AC-WC

A. Hasil pengujian parameter karakteristik *Marshall* pada aspal AC-WC dengan kadar abu bata 5%

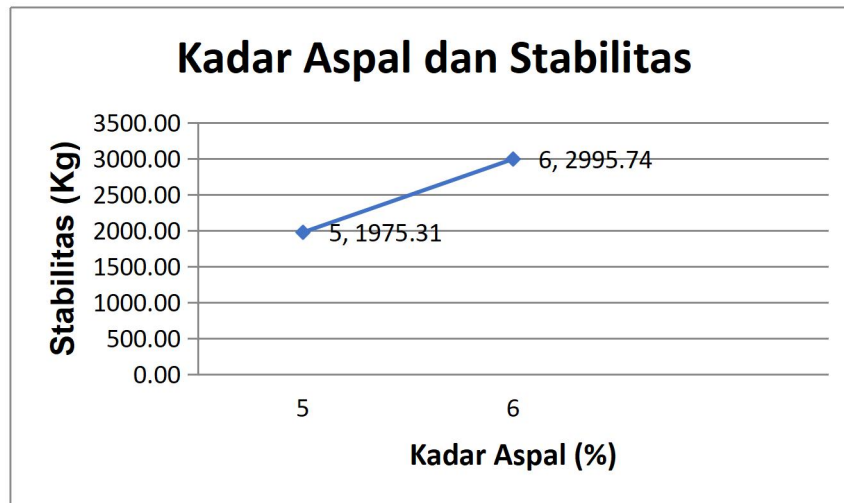
Tabel. 4.17 Hasil pengujian *Marshall* aspal AC-WC pada campuran abu bata dengan kadar 5% (Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2023)

Karakteristik	Spesifikasi Umum	Kadar Aspal	
		5%	6%
<i>Stability</i> (kg)	Min. 800	1975,31	2995,74
VMA (%)	Min. 15	15,08	17,41
VIM (%)	3-5	4,98	4,99
VFA (%)	Min. 65	69,19	71,84
<i>Flow</i> (mm)	2-4	2,37	2,70
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min. 250	833,46	1109,53

Dari hasil nilai pengujian karakteristik *Marshall* pada aspal AC-WC untuk nilai stabilitas (*stability*), rongga dalam campuran (VIM, Air Voids/Voids in Mix), rongga terhadap agregat (VMA, Void In Mineral Agreggate), rongga terisi aspal (VFA, Void Filleds with Asphalt), kelelahan (*flow*), dan hasil bagi *Marshall* (MQ, Marshall Quotient) untuk campuran aspal normal dengan bahan pengganti filler menggunakan abu bata dengan kadar 5% dapat dilihat pada grafik sebagai berikut.

a. Stabilitas (*Stability*)

Nilai Stabilitas yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 5%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.5.



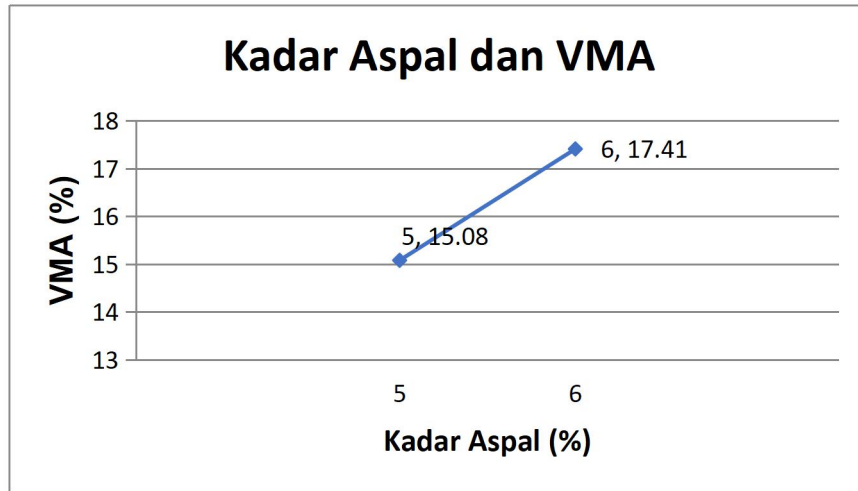
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-WC dengan Stabilitas (kg) pada abu bata dengan kadar 5%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai stabilitas pada kadar Abu bata 5% dengan kadar aspal 5% sebesar 1975,31 kg dan kadar aspal 6% sebesar 2995,74 kg maka memenuhi spesifikasi minimal 800 kg.

b. Rongga antara mineral agregat (Void In Mineral Agreggate, VMA)

Nilai VMA (Void In Mineral Agreggate) yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 5%, dimana pada setiap penambahan kadarnya mengalami peningkatan. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.6 yang mengalami peningkatan disetiap penambahan kadar abu bata.



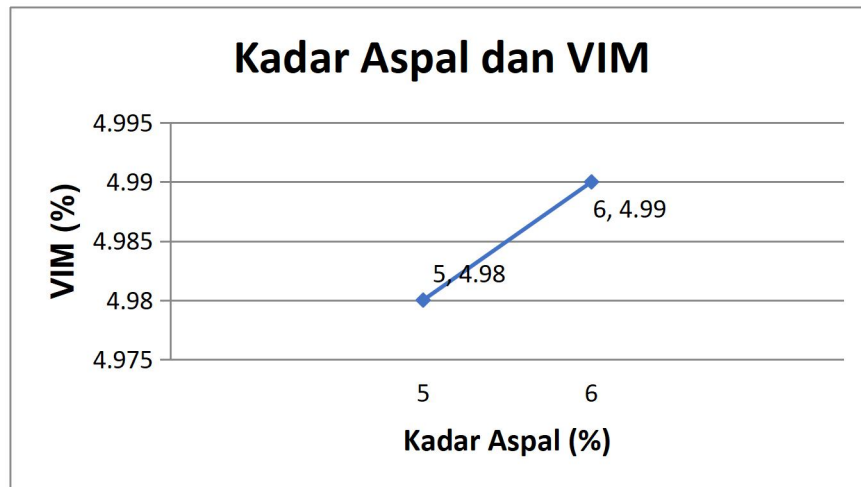
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-WC dengan VMA (%) pada abu bata dengan kadar 5%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai VMA pada kadar abu bata 5% dengan kadar aspal 5% sebesar 15,08% dan kadar aspal 6% sebesar 17,41%, maka memenuhi spesifikasi minimal 15%. Dengan bertambahnya kadar abu bata nilai VMA akan semakin tinggi.

c. Rongga udara dalam campuran (Air Voids/Voids in Mix , VIM)

Nilai VIM (Air Voids/Voids in Mix) atau rongga udara dalam campuran yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 5%, dimana pada kadar aspal 5% ke kadar aspal 6% mengalami peningkatan yang sangat sedikit yaitu 0,1% .Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.7.

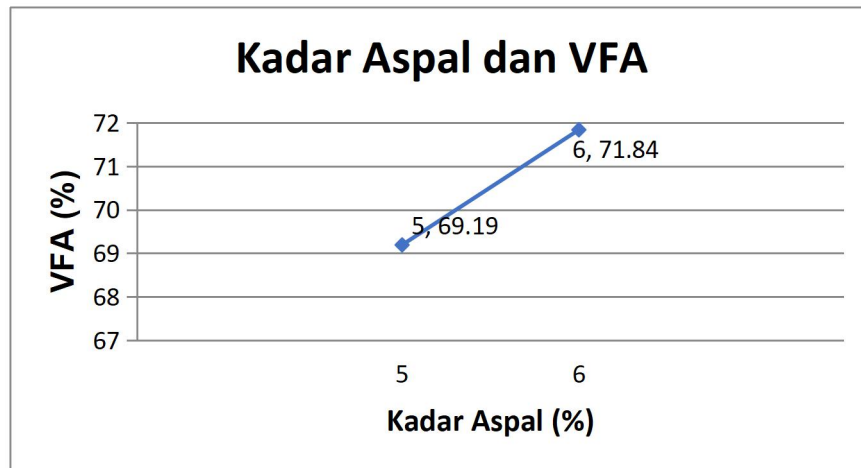


Gambar 4.7 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-WC dengan VIM (%) pada abu bata dengan kadar 5%.
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai VIM pada kadar abu bata 5% dengan kadar aspal 5% sebesar 4,98% dan kadar aspal 6% sebesar 4,99%, maka memenuhi spesifikasi antara 3% – 5%.

d. Rongga terisi aspal (Void Filleds with Asphalt, VFA)

Nilai VFA (Void Filleds with Asphalt) merupakan persentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah dipadatkan. Nilai VFA dipengaruhi jumlah tumbukan dan suhu saat campuran aspal dipadatkan, gradasi agregat dan banyaknya kadar aspal. Nilai VFA yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 5%, dimana pada setiap penambahan kadarnya akan mengalami peningkatan yaitu pada kadar aspal 5% ke kadar aspal 6% mengalami peningkatan sebesar 2,65%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.8.

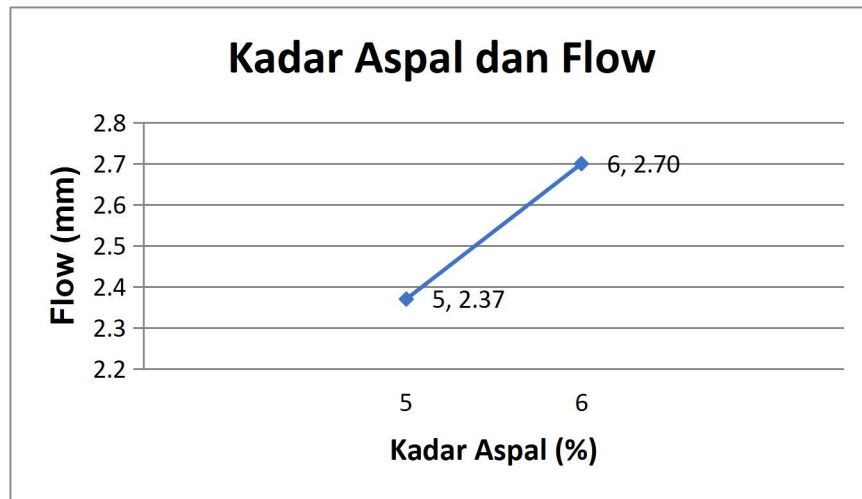


Gambar 4.8 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-WC dengan VFA (%) pada abu bata dengan kadar 5%.
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai VFA pada kadar abu bata 5% dengan kadar aspal 5% sebesar 69,19% dan kadar aspal 6% sebesar 71,84%, maka memenuhi spesifikasi minimal 65%. Dengan bertambahnya kadar abu bata nilai VFA akan semakin tinggi.

e. Kelelehan (Flow)

Nilai kelelehan (*Flow*) yang diperoleh pada aspal dengan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 5%, dimana pada setiap penambahan kadarnya mengalami peningkatan. Pada kadar aspal 5% ke kadar aspal 6% mengalami peningkatan sebesar 0,33 mm. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.9.



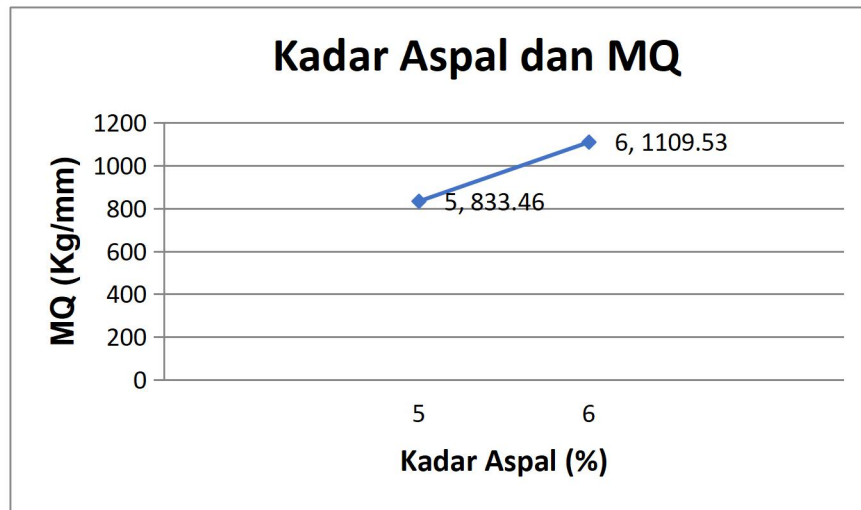
Gambar 4.9 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-WC dengan *Flow* (mm) pada abu bata dengan kadar 5%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai *Flow* pada kadar abu bata 5% dengan kadar aspal 5% sebesar 2,37 mm dan kadar aspal 6% sebesar 2,70 mm, maka memenuhi spesifikasi 2 mm – 4 mm. Dengan bertambahnya kadar abu bata nilai *Flow* akan semakin tinggi.

f. Hasil bagi Marshall (Marshall Quotient, MQ)

Nilai MQ (*Marshall Quotient*) yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar abu bata 5%, dimana pada setiap penambahan kadarnya mengalami peningkatan sebesar 276,07 kg/mm yaitu pada kadar aspal 5% ke kadar aspal 6%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-WC dengan MQ (*Marshall Quotient*) (Kg/mm) pada abu bata dengan kadar 5%.
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai *Marshall Quotient* pada kadar abu bata 5% dengan kadar aspal 5% sebesar 833,46 Kg/mm dan kadar aspal 6% sebesar 1109,53 Kg/mm, maka memenuhi spesifikasi minimal 250 Kg/mm.

2. Hasil pengujian parameter karakteristik *Marshall* pada aspal AC-WC dengan kadar abu bata 6%

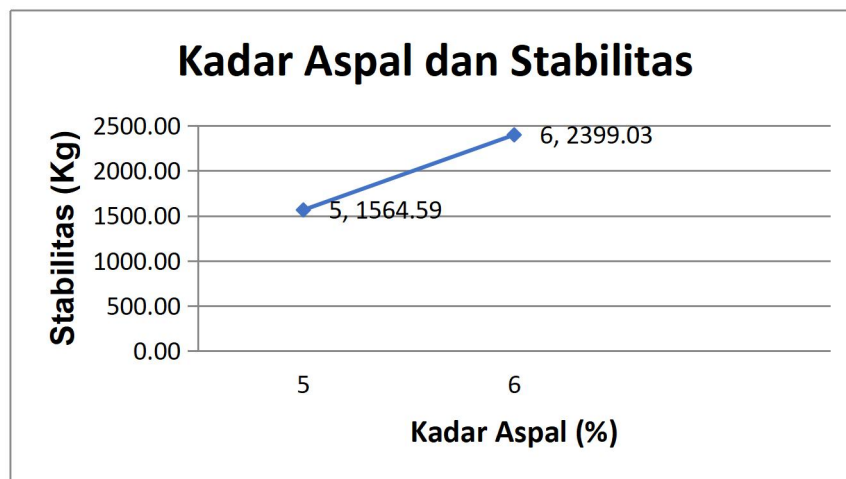
Tabel. 4.18 Hasil pengujian *Marshall* aspal AC-WC pada campuran abu bata dengan kadar 6% (Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2023)

Karakteristik	Spesifikasi Umum	Kadar aspal	
		5%	6%
<i>Stability</i> (kg)	Min. 800	1564,59	2399,03
VMA (%)	Min. 15	15,01	16,90
VIM (%)	3-5	4,90	4,39
VFA (%)	Min. 65	67,59	74,07
<i>Flow</i> (mm)	2-4	2,35	2,69
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min. 250	665,78	891,83

Dari hasil nilai pengujian karakteristik *Marshall* pada aspal AC-WC untuk nilai stabilitas, VIM, VMA, VFA, *flow*, dan MQ untuk campuran aspal normal dengan bahan pengganti abu bata dengan kadar 6% dapat dilihat pada grafik sebagai berikut:

a. Stabilitas (*Stability*)

Nilai Stabilitas yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 6%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.11.



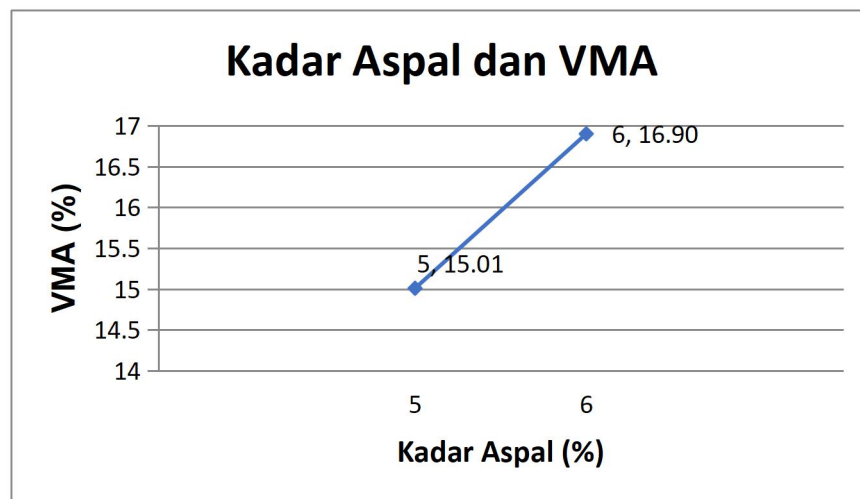
Gambar 4.11 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-WC dengan Stabilitas (kg) pada abu bata dengan kadar 6%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai stabilitas pada kadar abu bata 5% dengan kadar aspal 5% sebesar 1564,59 kg dan kadar aspal 6% sebesar 2399,03 kg, maka memenuhi spesifikasi minimal 800 kg. dengan bertambahnya kadar abu bata nilai stabilitas akan semakin tinggi.

b. Rongga antara mineral agregat (Void In Mineral Agreggate, VMA)

Nilai VMA yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar abu bata 6%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.12.



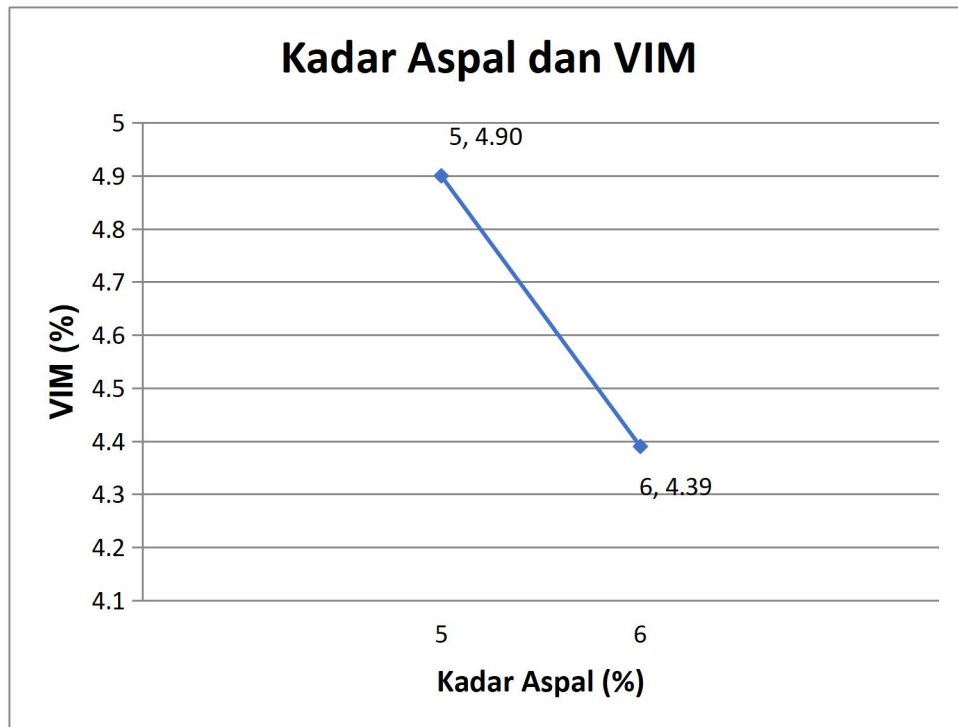
Gambar 4.12 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-WC dengan VMA (%) pada abu bata dengan kadar 6%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai VMA pada kadar abu bata 6% dengan kadar aspal 5% sebesar 15,01% dan kadar aspal 6% sebesar 16,90%, maka memenuhi spesifikasi minimal 15%. Dengan bertambahnya kadar abu bata nilai VMA akan semakin tinggi.

c. Rongga udara dalam campuran (Air Voids/Voids in Mix , VIM)

Nilai VIM yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 6%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.13.



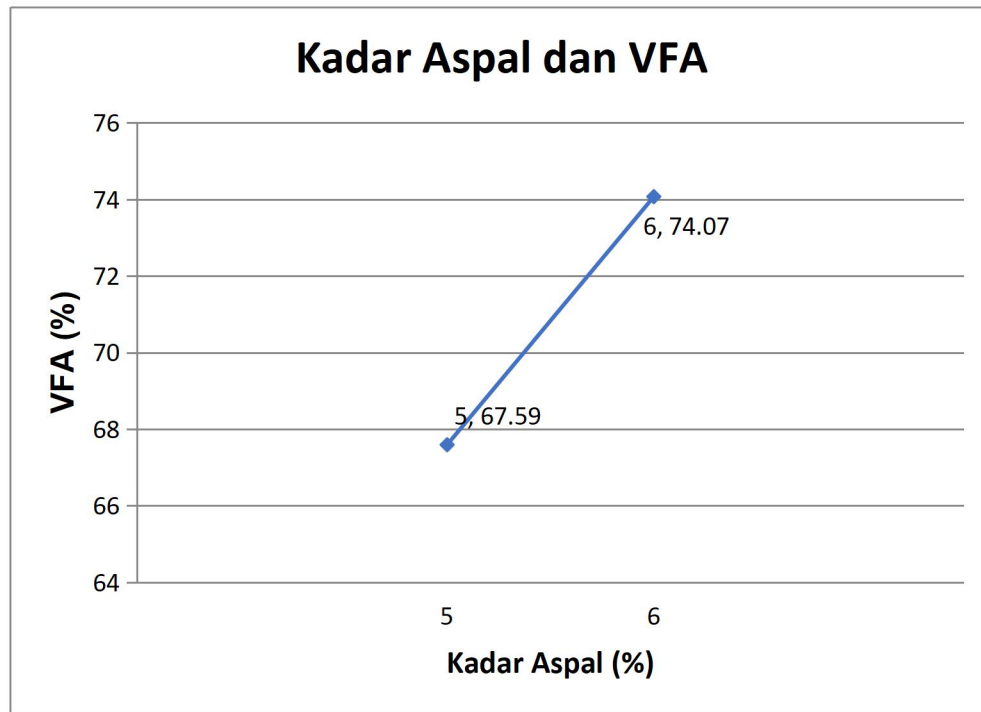
Gambar 4.13 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-WC dengan VIM (%) pada abu bata dengan kadar 6%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai VIM pada kadar abu bata 6% dengan kadar aspal 5% sebesar 4,90% dan kadar aspal 6% sebesar 4,39%, maka memenuhi spesifikasi antara 3% – 5%. Dengan bertambahnya kadar abu bata nilai VIM akan menurun.

d. Rongga terisi aspal (Void Filleds with Asphalt, VFA)

Nilai VFA (Void Filleds with Asphalt) yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 6%, dimana pada setiap penambahan kadarnya mengalami peningkatan. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.14.



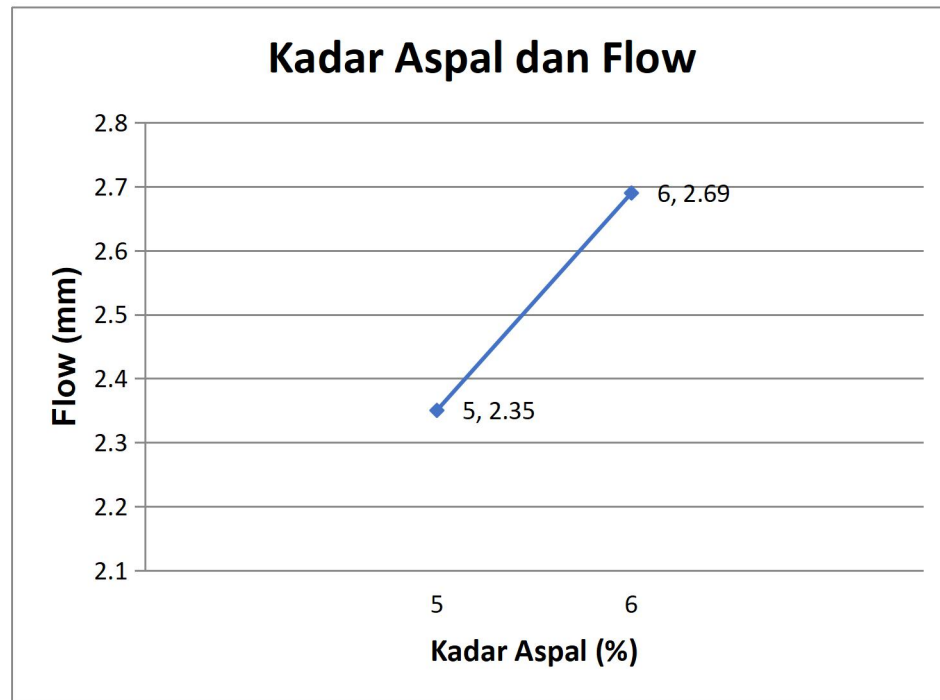
Gambar 4.14 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-WC dengan VFA (%) pada abu bata dengan kadar 6%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai VFA pada kadar abu bata 6% dengan kadar aspal 5% sebesar 67,59% dan kadar aspal 6% sebesar 74,07%, maka memenuhi spesifikasi minimal 65%. Dengan bertambahnya kadar abu bata nilai VFA akan semakin tinggi.

e. Kelelehan (Flow)

Nilai kelelehan (*Flow*) yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 6%, dimana pada setiap penambahan kadar abu bata mengalami peningkatan. Kadar aspal 5% ke kadar aspal 6% mengalami peningkatan sebesar 0,34 mm. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.15.



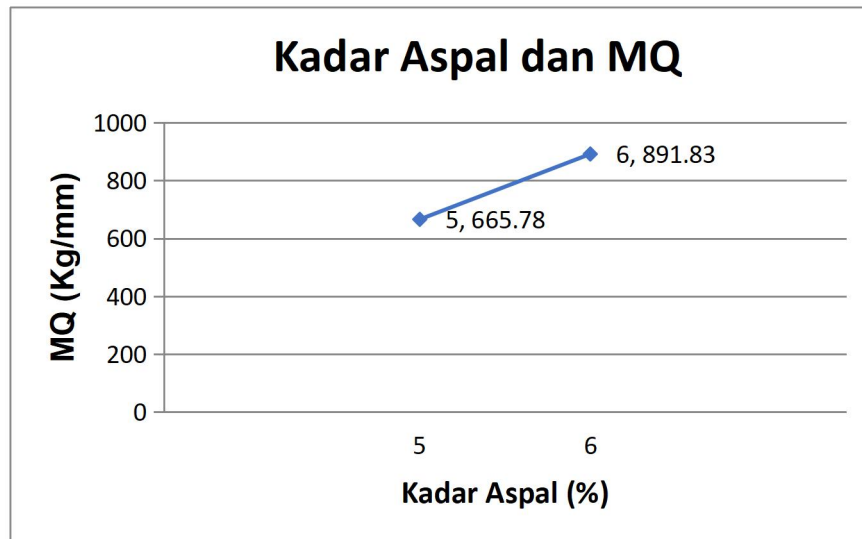
Gambar 4.15 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-WC dengan *Flow* (mm) pada abu bata dengan kadar 6%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai *Flow* pada kadar abu bata 6% dengan kadar aspal 5% sebesar 2,35 mm dan kadar aspal 6% sebesar 2,69 mm, maka memenuhi spesifikasi 2 mm – 4 mm. Dengan bertambahnya kadar abu bata nilai *Flow* akan semakin tinggi.

f. Hasil bagi Marshall (Marshall Quotient, MQ)

Nilai MQ (*Marshall Quotient*) yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar abu bata 6%, dimana pada setiap penambahan kadarnya mengalami peningkatan. Kadar aspal 5% ke kadar aspal 6% mengalami peningkatan sebesar 226,05 kg/mm. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.16



Gambar 4.16 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-WC dengan MQ (*Marshall Quotient*) (Kg/mm) pada abu bata dengan kadar 6%.
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai *Marshall Quotient* pada kadar abu bata 6% dengan kadar aspal 5% sebesar 665,78 Kg/mm dan kadar aspal 6% sebesar 891,83 Kg/mm, maka memenuhi spesifikasi minimal 250 Kg/mm. Dengan bertambahnya kadar abu bata nilai *Marshall Quotient* akan semakin tinggi.

2. Hasil pengujian parameter karakteristik *Marshall* pada aspal AC-BC

A. Hasil pengujian parameter karakteristik *Marshall* pada aspal AC-BC dengan kadar abu bata 5%

Tabel. 4.19 Hasil pengujian *Marshall* aspal AC-BC pada campuran abu bata dengan kadar 5% (Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2023)

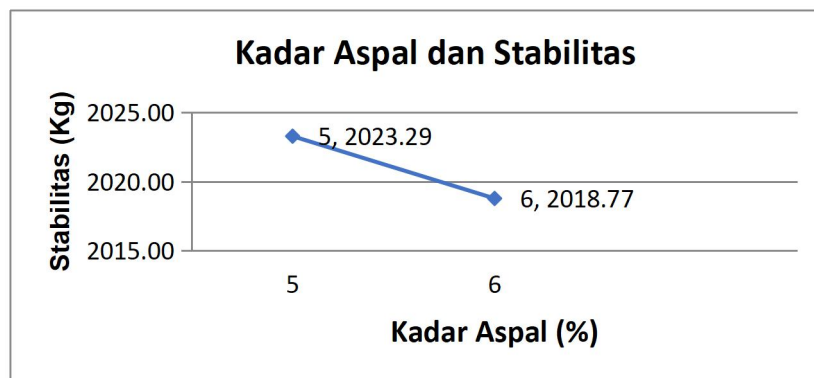
Karakteristik	Spesifikasi Umum	Kadar Aspal %	
		5%	6%
Stability (kg)	Min. 800	2023,29	2018,77
VMA (%)	Min. 14	15,84	16,07

Karakteristik	Spesifikasi Umum	Kadar Aspal %	
		5%	6%
VIM (%)	3-5	4,26	4,59
ssVFA (%)	Min. 65	71,30	65,93
Flow (mm)	2-4	3,3	3,8
Marshall Quotient (kg/mm)	Min. 250	613,12	531,25

Dari hasil nilai pengujian karakteristik *Marshall* pada aspal AC-BC untuk nilai stabilitas (*stability*), rongga dalam campuran (VIM), rongga terhadap agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFA), kelelahan (*flow*), dan hasil bagi *Marshall* (MQ) untuk campuran aspal normal dengan bahan pengganti abu bata dengan kadar 5% dapat dilihat pada grafik sebagai berikut.

a. Stabilitas (*Stability*)

Nilai Stabilitas yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 5%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.17.



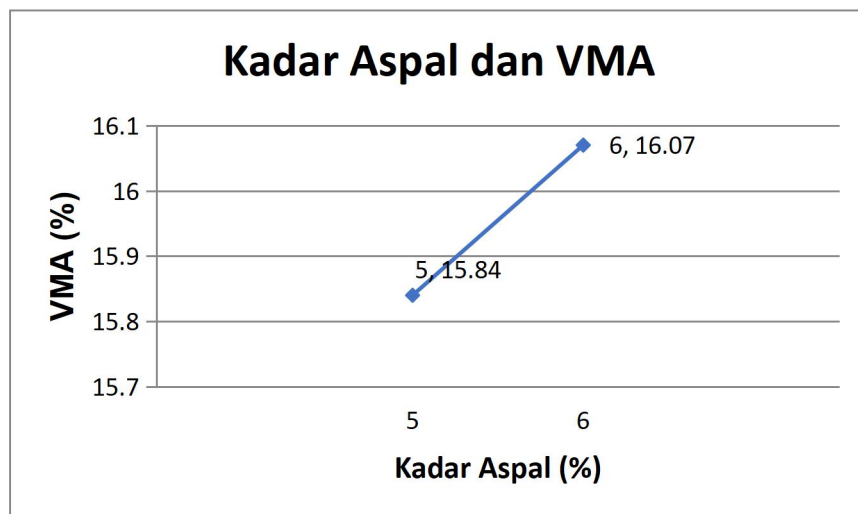
Gambar 4.17 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-BC dengan Stabilitas (kg) pada abu bata dengan kadar 5%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai stabilitas pada kadar abu bata 5% dengan kadar aspal 5% sebesar 2023,29 kg, kadar aspal 6% sebesar 2018,77 kg, maka memenuhi spesifikasi minimal 800 kg.

b. Rongga antara mineral agregat (Void In Mineral Agreggate, VMA)

VMA adalah rongga udara yang terdapat diantara mineral agregat termasuk ruang yang terisi aspal pada campuran beraspal yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal. Nilai VMA yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 5%, dimana pada setiap penambahan kadarnya mengalami peningkatan pada kadar aspal 5% ke kadar aspal 6% sebesar 0,23%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.18.



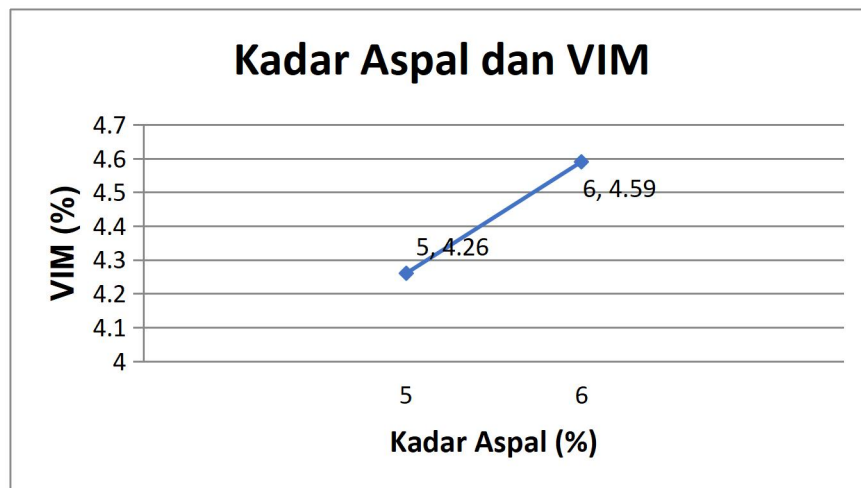
Gambar 4.18 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-BC dengan VMA (%) pada abu bata dengan kadar 5%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai VMA pada kadar abu bata 5% dengan kadar aspal 5% sebesar 15,84%, kadar aspal 6% sebesar 16,07%, maka memenuhi spesifikasi minimal 15%.

c. Rongga udara dalam campuran (Air Voids/Voids in Mix , VIM)

Nilai VIM yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 5%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.19.



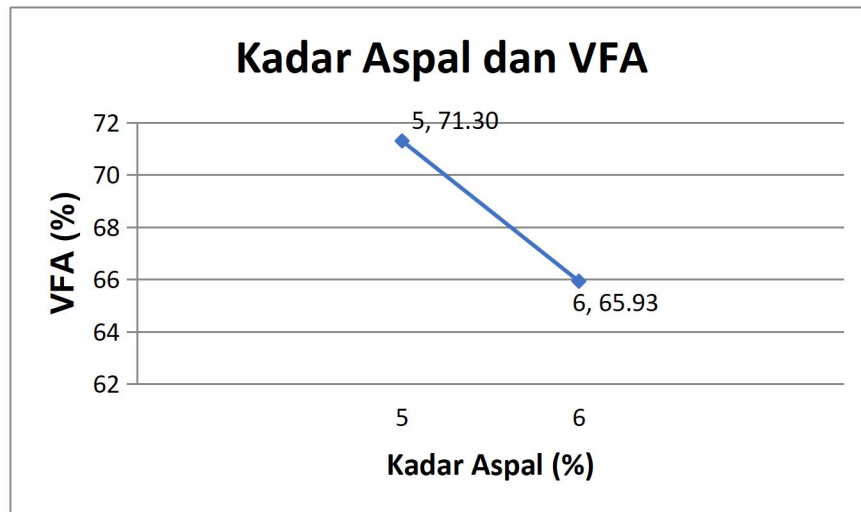
Gambar 4.19 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-BC dengan VIM (%) pada abu bata dengan kadar 5%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai VIM pada kadar abu bata 5% dengan kadar aspal 5% sebesar 4,26%, kadar aspal 6% sebesar 4,59%, maka memenuhi spesifikasi antara 3% – 5%.

d. Rongga terisi aspal (Void Filled with Asphalt, VFA)

Nilai VFA yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 5%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-BC dengan VFA (%) pada abu bata dengan kadar 5%.

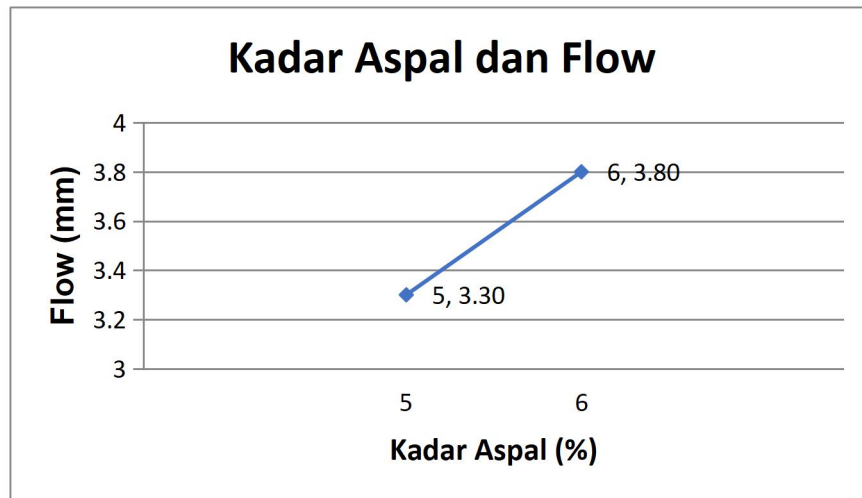
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai VFA pada kadar abu bata 5% dengan kadar aspal 5% sebesar 71,30%, kadar aspal 6% sebesar 65,93%, maka memenuhi spesifikasi minimal 65%.

e. Kelelehan (Flow)

Flow atau kelelehan merupakan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis aspal beton akibat menahan beban yang bekerja di atasnya. Nilai flow akan mempengaruhi fleksibilitas campuran. Nilai kelelehan (*Flow*) yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 5%, dimana pada setiap

penambahan kadarnya mengalami peningkatan pada kadar aspal 5% ke kadar aspal 6% sebesar 0,5 mm. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.21.



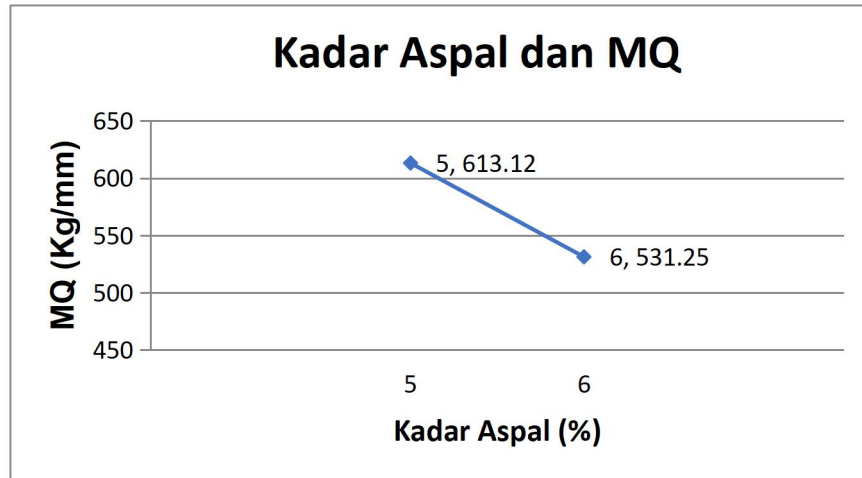
Gambar 4.21 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-BC dengan *Flow* (mm) pada abu bata dengan kadar 5%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai *Flow* pada kadar abu bata 5% dengan kadar aspal 5% sebesar 3,30 mm, kadar aspal 6% sebesar 3,80 mm, maka memenuhi spesifikasi 2 mm – 4 mm.

f. Hasil bagi Marshall (Marshall Quotient, MQ)

Nilai MQ (*Marshall Quotient*) yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 5%, dimana pada setiap penambahan kadarnya mengalami penurunan pada kadar aspal 5% ke kadar aspal 6% sebesar 81, 87 kg/mm. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-BC dengan MQ (*Marshall Quotient*) (Kg/mm) pada abu bata dengan kadar 5%.
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai *Marshall Quotient* pada kadar abu bata 5% dengan kadar aspal 5% sebesar 613,12 Kg/mm, kadar aspal 6% sebesar 531,25 Kg/mm, maka memenuhi spesifikasi minimal 250 Kg/mm.

B. Hasil pengujian parameter karakteristik *Marshall* pada aspal AC-BC dengan kadar abu bata 6%

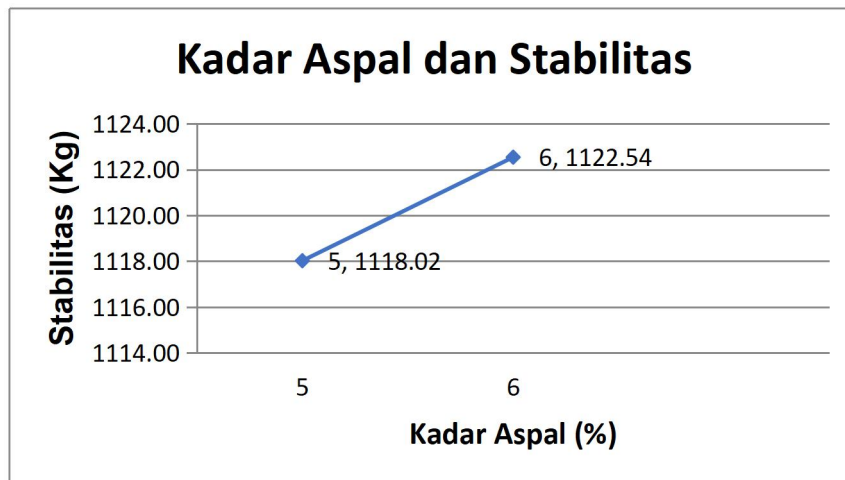
Tabel. 4.20 Hasil pengujian *Marshall* aspal AC-BC pada campuran abu bata dengan kadar 6% (Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2023)

Karakteristik	Spesifikasi Umum	Kadar Aspal %	
		5%	6%
<i>Stability</i> (kg)	Min. 800	1118,02	1122,54
VMA (%)	Min. 14	15,91	16,06
VIM (%)	3-5	4,23	4,44
VFA (%)	Min. 65	67,04	66,13
<i>Flow</i> (mm)	2-4	3,15	3,25
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min. 250	272,69	267,27

Dari hasil nilai pengujian karakteristik *Marshall* pada aspal AC-BC untuk nilai stabilitas (*stability*), rongga dalam campuran (VIM), rongga terhadap agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFA), kelelahan (*flow*), dan hasil bagi *Marshall* (MQ) untuk campuran aspal normal dengan bahan pengganti abu bata dengan kadar 6% dapat dilihat pada grafik sebagai berikut:

a. Stabilitas (*Stability*)

Nilai Stabilitas yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 6%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.23.



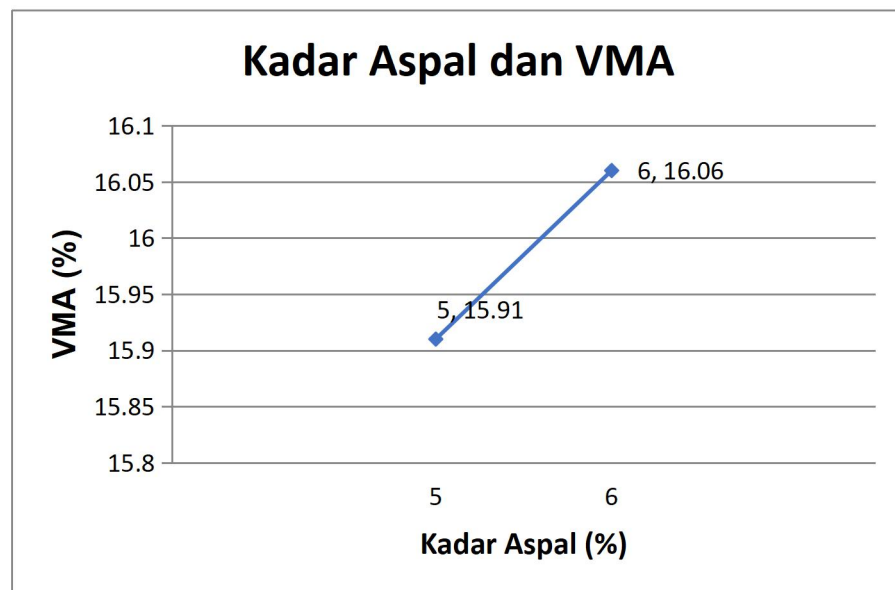
Gambar 4.23 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-BC dengan Stabilitas (kg) pada abu bata dengan kadar 6%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai stabilitas pada kadar abu bata 6% dengan kadar aspal 5% sebesar 1118,02 kg, kadar aspal 6% sebesar 1122,54 kg, maka memenuhi spesifikasi minimal 800 kg.

b. Rongga antara mineral agregat (Void In Mineral Agreggate, VMA)

VMA adalah rongga udara yang terdapat diantara mineral agregat termasuk ruang yang terisi aspal pada campuran beraspal yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal. Nilai VMA yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 6%, dimana pada setiap penambahan kadarnya mengalami peningkatan pada kadar aspal 5% ke kadar aspal 6% sebesar 0,15%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.24.



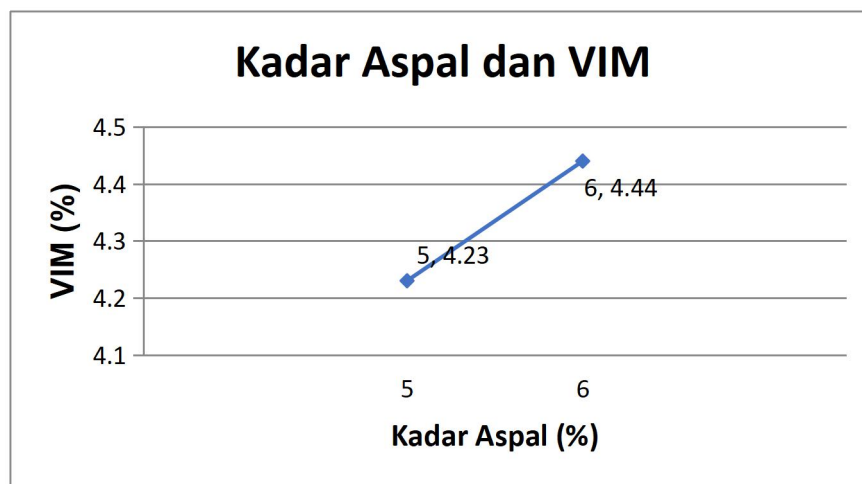
Gambar 4.24 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-BC dengan VMA (%) pada abu bata dengan kadar 6%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai VMA pada kadar abu bata 6% dengan kadar aspal 5% sebesar 15,91%, kadar aspal 6% sebesar 16,06%, maka memenuhi spesifikasi minimal 15%

c. Rongga udara dalam campuran (Air Voids/Voids in Mix , VIM)

VIM adalah volume total udara yang berada di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan, dan dinyatakan dalam persen volume bulk. Nilai VIM yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 6%, dimana pada setiap penambahan kadarnya mengalami peningkatan pada kadar aspal 5% ke kadar aspal 6% sebesar 0,21%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.25.



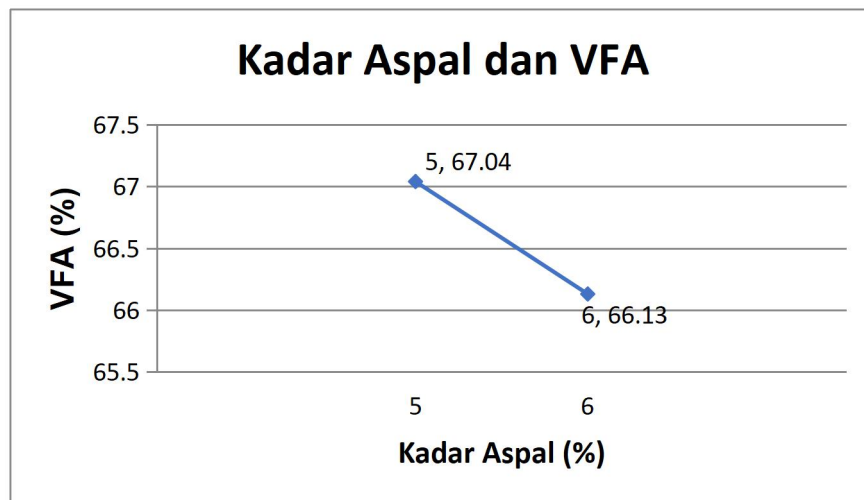
Gambar 4.25 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-BC dengan VIM (%) pada abu bata dengan kadar 6%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai VIM pada kadar abu bata 6% dengan kadar aspal 5% sebesar 4,23%, kadar aspal 6% sebesar 4,44%, maka memenuhi spesifikasi antara 3% – 5%.

d. Rongga terisi aspal (Void Filled with Asphalt, VFA)

Analisis Nilai VFA Void Filled With Asphalt (VFA) merupakan persentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah dipadatkan. Nilai VFA yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 6%, dimana pada setiap penambahan kadarnya mengalami penurunan pada kadar aspal 5% ke kadar aspal 6% sebesar 0,91%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.26.



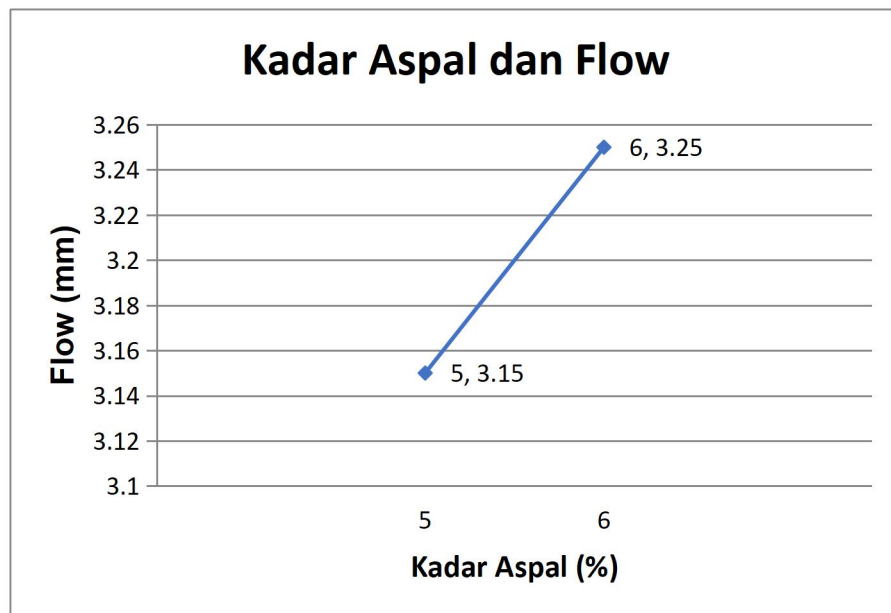
Gambar 4.26 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-BC dengan VFA (%) pada abu bata dengan kadar 6%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai VFA pada kadar abu bata 6% dengan kadar aspal 5% sebesar 67,04%, kadar aspal 6% sebesar 66,13%, maka memenuhi spesifikasi minimal 65%.

e. Kelelehan (Flow)

Flow atau kelelehan merupakan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis aspal beton akibat menahan beban yang bekerja di atasnya. Nilai kelelehan (*Flow*) yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 6%, dimana pada setiap penambahan kadarnya mengalami peningkatan. Pada kadar aspal 5% ke kadar aspal 6% mengalami peningkatan sebesar 0,1 mm. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.27.



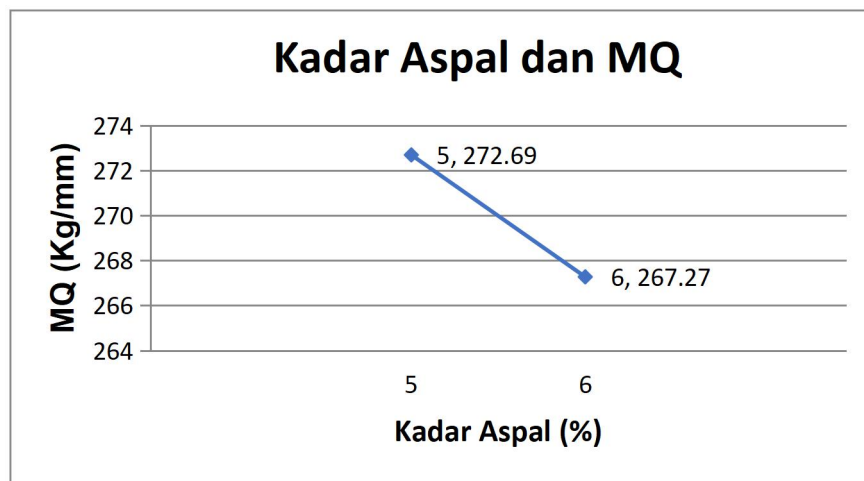
Gambar 4.27 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-BC dengan *Flow* (mm) pada abu bata dengan kadar 6%.

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai *Flow* pada kadar abu bata 6% dengan kadar aspal 5% sebesar 3,15 mm, kadar aspal 6% sebesar 3,25 mm, maka memenuhi spesifikasi 2 mm – 4 mm. Dengan bertambahnya kadar abu bata nilai *Flow* akan semakin tinggi.

f. Hasil bagi Marshall (Marshall Quotient, MQ)

Nilai MQ (*Marshall Quotient*) yang diperoleh pada aspal dengan menggunakan abu bata sebagai bahan pengganti filler dengan kadar 6%. Berikut grafik nilai stabilitas pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Grafik hubungan antara kadar aspal AC-BC dengan MQ (*Marshall Quotient*) (Kg/mm) pada abu bata dengan kadar 6%.
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2023)

Nilai *Marshall Quotient* pada kadar abu bata 6% dengan kadar aspal 5% sebesar 272,69 Kg/mm, kadar aspal 6% sebesar 267,27 Kg/mm, maka memenuhi spesifikasi minimal 250 Kg/mm. Dengan bertambahnya kadar abu bata nilai *Marshall Quotient* akan semakin rendah.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian penggunaan abu bata pada campuran aspal AC-WC dan AC-BC terhadap pengujian karakteristik *Marshall* menggunakan kadar 5% dan 6% yang telah dilakukan di Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Adapun rumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh tingkat kekuatan Aspal AC-WC dan AC-BC dengan penambahan abu bata sebagai *Filler*?
 2. Bagaimana pengaruh presentase penambahan abu bata pada campuran lapisan aspal AC-WC dan AC-BC ?
-
1. Hasil pengujian *Marshall* pada aspal AC-WC dan AC-BC nilai stabilitas, VMA, VIM, *flow*, dan *marshall quotient* mengalami kenaikan, sedangkan nilai VFA mengalami penurunan setiap penambahan kadar abu bata. Namun, semua variasi kadar abu bata AC-WC dan AC-BC pada karakteristik *Marshall* memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018.
 2. Nilai karakteristik yang telah diperoleh melalui pengujian marshall dengan hasil Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5,5%.

3. Dari hasil penelitian diperoleh nilai KA minimum 5% dan KA maksimum 6% yang telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dan layak digunakan dalam campuran aspal beton AC-WC dan AC-BC

B. Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

1. Pada saat meneliti di laboratorium, pada pengujian analisa saringan dan pengujian *Marshall* diperlukan ketelitian agar tidak terjadi kesalahan.
2. Diharapkan pada proses perendaman sampel dibutuhkan ukuran *waterbath* yang lebih besar agar dapat menampung banyak sampel, sehingga dapat mengoptimalkan waktu pada pengujian sampel keseluruhan.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap karakteristik campuran aspal beton AC-WC dan AC-BC menggunakan material abu bata dengan komposisi campuran yang berbeda.
4. Diharapkan hasil penelitian ini kedepannya dapat digunakan sebagai bahan referensi tambahan, khususnya dilingkup prodi Teknik sipil Universitas Muhammadiyah Parepare.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Wibowo., Yulis Widhiastuti & Antonius Andi Tjandra. (2022). Pemanfaatan Serbuk Bata Merah Untuk Campuran Aspal Beton Ac-Wc Terhadap Karakteristik Marshall. Universitas Bojonegoro. *Jurnal Teknik Sipil. Vol.7 No.1*.
- A. Kumalawati. MT. & Tri M. W. Sir., ST, M.Eng. (2013). Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Batu Apung Sebagai Pengganti Filler Untuk Campuran Aspal. Yovinianus Mastaram. *Jurnal Teknik Sipil. Vol. II No. 2*.
- Alan Kurniawan & Farlin Rosyad. (2023). *Analisis Penggunaan Semen PCC Sebagai Filler Tambahan Pada Aspal AC-WC. Diperoleh dari Diakses 27 Maret 2023*).
- Anas Tahir. (2023). *Karakteristik Campuran Beton Aspal (Ac-Wc) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara. Diperoleh dari: Diakses 27 Maret 2023*).
- Andi Suaema. (2015). Sumbangan Industri Pedesaan Batu Merah Dalam Peningkatan Kualitas Hidup Rumah Tangga Di Desa Abbumpungeng Kecamatan Cina Kabupaten Bone. Pengajar pada prodi geografi STIKIP Kie Raha. *Jurnal Pendidikan Vol. 13 No.2*.
- Arief Prasetyo. (2020). Pengaruh Penambahan Bubuk Gypsum (Cornive Adhesive) Pada Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC. *Jurnal Teknik Sipil*.
- B. H. Fuady., Zainuddin Muchtar., S. R. Hartini., Y. Alfarizi1 & Y. Atrasina. (2021). Penggunaan Limbah Batu Bata Dan Batu Bara Sebagai Campuran Asphalt Concrete – Wearing Course. Teknik Sipil. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- 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*.
- Lilies Widojoko. (2016). Pengujian Pemadatan Campuran Beton Aspal. Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Sipil UBL. Vol. 7 No. 2*.
- Michel Kasaf. (2022). Penggunaan Material Galian Dari Desa Kandang Mbelang, Lawe Bulan Untuk Pembuatan Aspal Beton Campuran Panas. Universitas Gunung Leuser. *Impression JTI, Vol. 1 No. 2*.
- 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). Kualitas Batu Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. *Jurnal Teknik Sipil & perencanaan. Vol. 12 No.1*.

- Suryanto & Nurokhman. (2022). Evaluasi Properti Marshall Terhadap Mutu Aspal Beton Lapangan Pada Runway Bandara Yogyakarta International Airport. Program Studi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta. *Jurnal ucy Vol. 4 No. 1*.
- Tan Lie Ing & Yohanes Sebastian. (2020). Studi Penggunaan Pecahan Dinding Bangunan Pada Beton Aspal Lapis AUS. Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha. Bandung. Jawa Barat. *Jurnal Vol. 9 No. 2*.
- Yolanda Anggrainia., Alfian Malikb & Mardani Sebayangc. (2020). Analisa Kinerja Campuran AC-WC dengan Pemanfaatan Kombinasi Limbah Abu Bata dan Abu Serbuk Kayu Sebagai Filler. Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau. Tampan. Pekanbaru. *Jurnal Sainstek Stt Pekanbaru Vol. 08 No. 02*.



LABORATORIUM JALAN DAN ASPAL
PRODI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PAREPARE

Alamat: Jl. Jend. A. Yani Km. 6 Kampus II UMPAR Lantai Dasar Gedung F Parepare
