BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penggunaan abu batu sebagai filler dalam campuran aspal kini semakin banyak dibahas dalam dunia penelitian teknik sipil. Abu batu, yang merupakan limbah dari proses pengolahan batu, memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas campuran aspal. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa menambahkan abu batu dapat memperbaiki stabilitas dan kekuatan campuran aspal, serta mengurangi kerusakan pada permukaan jalan. Sebuah studi oleh Rahman dan Sari (2021) mengungkapkan bahwa penggunaan abu batu sebagai filler dapat meningkatkan daya ikat aspal dan memperpanjang umur jalan (Rahman, A., & Sari, R., 2021)

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo dan Nugroho (2022) menunjukkan bahwa variasi kadar abu batu dalam campuran aspal memiliki dampak signifikan terhadap karakteristik mekanik campuran tersebut. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa kadar abu batu yang optimal dapat meningkatkan stabilitas dan flow, yang sangat penting untuk kualitas jalan yang dihasilkan (Prasetyo, D., & Nugroho, A., 2022).

Lebih jauh, studi oleh Setiawan dan Lestari (2023) menekankan pentingnya pemilihan material filler yang tepat untuk mencapai performa yang diinginkan dalam campuran aspal. Mereka menemukan bahwa penggunaan abu batu dapat mengurangi rongga dalam campuran, sehingga meningkatkan daya tahan terhadap

beban lalu lintas dan memperpanjang umur jalan (Setiawan, B., & Lestari, S., 2023).

Dari sudut pandang keberlanjutan, pemanfaatan abu batu sebagai filler juga memberikan keuntungan dari segi ekonomi dan lingkungan. Menggunakan material lokal seperti abu batu dapat mengurangi biaya transportasi dan dampak lingkungan akibat pengambilan material dari lokasi yang lebih jauh. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Hidayat dan Kurniawan (2020) yang menyatakan bahwa penggunaan material lokal dapat meningkatkan efisiensi dalam proyek konstruksi (Hidayat, M., & Kurniawan, J., 2020).

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menggali lebih dalam pengaruh abu batu sebagai filler dalam campuran aspal terhadap kekuatan dan stabilitas campuran. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan material konstruksi yang lebih efisien dan ramah lingkungan, serta memberikan rekoh fmendasi bagi industri konstruksi dalam pemilihan material yang tepat.

Selain itu, dalam konteks desain campuran aspal modern, pemilihan filler yang sesuai sangat menentukan kualitas akhir dari perkerasan jalan. Filler berfungsi mengisi rongga antar agregat sehingga mampu meningkatkan kepadatan dan kohesi campuran. Menurut Mulyadi et al. (2020), penggunaan filler yang berasal dari limbah industri seperti abu batu mampu memberikan nilai tambah pada konstruksi jalan dengan biaya yang lebih rendah dan performa teknis yang setara dengan filler konvensional. Penggunaan abu batu juga dinilai efektif dalam meningkatkan nilai

Marshall stability, yang merupakan indikator utama dalam menentukan daya dukung campuran aspal.

Sejalan dengan pendekatan ramah lingkungan, pemanfaatan abu batu sebagai material alternatif telah mendapat perhatian lebih dalam pembangunan infrastruktur berkelanjutan. Penggunaan bahan sisa produksi seperti abu batu dapat mengurangi jumlah limbah yang mencemari lingkungan dan sekaligus menghemat penggunaan sumber daya alam non-terbarukan seperti pasir alam (Yuliani & Saputra, 2021). Lebih lanjut, sesuai dengan prinsip circular economy dalam sektor konstruksi, pemanfaatan limbah abu batu sebagai filler mendukung efisiensi material serta mendorong terciptanya inovasi pada teknologi perkerasan jalan (Fadli et al., 2023)

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi kadar abu batu terhadap kekuatan mekanik dan stabilitas campuran aspal ?
2. Apakah penggunaan abu batu sebagai filler dapat meningkatkan ketahanan campuran aspal?

C. TujuanPenelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi kadar abu batu terhadap kekuatan mekanik dan stabilitas campuran aspal.
2. Untuk mengetahui ketahanan abu batu terhadap peningkatan campuran aspal.

D. Batasan Masalah

1. Penelitian ini akan membatasi analisis pada variasi kadar abu batu yang digunakan sebagai filler dalam campuran aspal. Kadar yang akan diuji berkisar

antara 0% hingga 10%, sehingga tidak akan mencakup kadar yang lebih tinggi yang mungkin mempengaruhi hasil secara signifikan.

2. Penelitian ini akan fokus pada satu jenis aspal tertentu, yaitu aspal penetrasi 60/70, untuk menjaga konsistensi dalam pengujian. Oleh karena itu, hasil penelitian ini mungkin tidak dapat diterapkan secara umum untuk jenis aspal lainnya.
3. Pengujian akan dilakukan dalam kondisi laboratorium yang terkontrol, sehingga hasil yang diperoleh mungkin berbeda jika diterapkan dalam kondisi lapangan yang bervariasi. Penelitian ini tidak akan mencakup analisis terhadap faktor-faktor eksternal seperti cuaca, beban lalu lintas, dan kondisi tanah yang dapat mempengaruhi kinerja campuran aspal di lapangan.
4. Penelitian di lakukan di laboratorium aspal universitas muhammadiyah parepare.
5. Standart yang di gunakan didasarkan pada spesifikasi umum bina marga tahun 2018 (revisi 2).

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman baru tentang penggunaan abu batu sebagai filler dalam campuran aspal. Dengan menganalisis dampaknya terhadap kekuatan dan stabilitas campuran, Dengan memanfaatkan abu batu sebagai filler, diharapkan dapat meningkatkan daya tahan dan umur jalan, sehingga mengurangi biaya pemeliharaan dan perbaikan di masa mendatang, Penelitian ini juga berkontribusi pada upaya keberlanjutan dalam sektor konstruksi dengan memanfaatkan material lokal seperti abu batu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Abu batu

a. Pengertian Abu Batu

Abu batu adalah material berbentuk butiran halus yang dihasilkan sebagai sisa dari proses pemecahan batu alam di industri tambang atau stone crusher. Ukurannya biasanya lebih kecil dari pasir, yaitu sekitar 0-5 mm. Material ini sering dimanfaatkan dalam berbagai keperluan konstruksi, seperti campuran beton, paving block, atau stabilisasi tanah pada proyek jalan. Sifatnya yang mampu meningkatkan kepadatan dan daya ikat membuatnya sangat berguna sebagai bahan tambahan konstruksi (Suryadi, 2020).

Selain itu, abu batu dianggap sebagai alternatif ekonomis dan ramah lingkungan karena dapat menggantikan pasir alam dalam beberapa aplikasi. Penggunaannya membantu mengurangi eksploitasi sumber daya alam yang tidak terbarukan. Pada campuran beton atau mortar, abu batu dapat meningkatkan efisiensi biaya tanpa mengurangi kualitas hasil konstruksi (Kurniawan & Santoso, 2021).

Namun, agar hasil penggunaannya optimal, abu batu perlu dianalisis terlebih dahulu, terutama terkait sifat fisik dan kimianya. Hal ini penting karena

kandungan mineral atau kadar air pada abu batu bisa memengaruhi kualitas material yang dihasilkan dalam proyek konstruksi (Putra et al., 2022).

Abu batu memiliki banyak fungsi yang bermanfaat dalam dunia konstruksi, terutama sebagai bahan tambahan yang terjangkau dan serbaguna. Salah satu kegunaannya adalah sebagai bahan pengisi (filler) pada campuran beton, aspal, dan mortar. Sari (2021) menunjukkan bahwa penambahan abu batu dalam campuran aspal dapat meningkatkan kekuatan tarik dan stabilitas campuran, yang berkontribusi pada umur pakai perkerasan yang lebih lama.Selain itu, abu batu sering digunakan sebagai pengganti sebagian pasir dalam pembuatan mortar dan paving block. Hal ini tidak hanya mengurangi biaya produksi, tetapi juga meningkatkan kualitas material seperti kekuatan tekan dan daya tahan terhadap beban berat. Dalam stabilisasi tanah, abu batu berperan memperbaiki kualitas tanah yang lemah, sehingga tanah menjadi lebih stabil dan tahan terhadap perubahan kelembapan. Fungsi ini sangat membantu untuk proyek infrastruktur seperti jalan, jembatan, dan pondasi bangunan. Dengan harga yang ekonomis dan sifatnya yang ramah lingkungan, abu batu juga membantu mengurangi ketergantungan pada pasir alam sekaligus memanfaatkan limbah tambang dengan lebih efektif. Oleh karena itu, abu batu menjadi pilihan yang tepat untuk mendukung efisiensi dan keberlanjutan di bidang konstruksi.

Manfaat abu batu signifikan dalam aplikasi aspal, terutama sebagai filler dalam campuran aspal. Penggunaannya dapat meningkatkan stabilitas campuran dan mengurangi jumlah aspal yang diperlukan, sehingga membantu mengurangi

biaya material. Selain itu, abu batu dapat meningkatkan performa campuran aspal dengan memperbaiki karakteristik seperti nilai Marshall Quotient (MQ) dan rongga terisi aspal (VFB), yang membuat jalan menjadi lebih kuat dan tahan lama. Daya ikat yang baik dari abu batu dapat berfungsi sebagai agregat halus.(Handayani 2019) Dengan ketersediaan yang mudah dan biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan filler konvensional lainnya, penggunaan abu batu sebagai filler mendukung praktik pembangunan berkelanjutan dengan mengurangi dampak lingkungan dari penambangan agregat tradisional.

Dalam konteks desain campuran perkerasan modern, abu batu sebagai filler memainkan peran penting dalam meningkatkan kepadatan campuran dan memperkuat daya ikat antar agregat. Menurut Wahyuni et al. (2023), penggunaan filler yang memiliki tekstur halus seperti abu batu dapat meningkatkan nilai Marshall Stability, mengurangi porositas, dan memperpanjang masa layan perkerasan. Hal ini sejalan dengan pendekatan desain campuran aspal berbasis performa (Performance-Based Mixture Design), di mana parameter seperti ketahanan deformasi plastis dan retak akibat kelelahan menjadi indikator utama.

Selain itu, menurut Sitorus dan Aditya (2022), abu batu memberikan kontribusi terhadap penurunan konsumsi aspal dalam campuran karena kemampuan pengisiannya yang baik, yang membuat campuran menjadi lebih padat. Efisiensi ini bukan hanya berdampak pada performa teknis, namun juga pada penghematan biaya material dan peningkatan efisiensi energi dalam produksi campuran.

Beberapa studi terbaru juga mendukung pemanfaatan abu batu dalam campuran AC-WC. Penelitian oleh Ardiansyah et al. (2024) menunjukkan bahwa penambahan abu batu hingga 10% sebagai filler dapat meningkatkan nilai stabilitas Marshall secara signifikan, dengan nilai optimum pada kadar aspal 5,5%. Hasil tersebut konsisten dengan hasil uji VMA dan VFB yang tetap berada dalam spesifikasi Bina Marga 2018.

Tak hanya dari sisi mekanik, penelitian oleh Nugroho dan Laila (2021) juga menyebutkan bahwa abu batu mampu meningkatkan kohesi dan kekakuan awal campuran, yang sangat berguna pada kondisi lalu lintas berat atau jalan dengan beban berulang tinggi. Penggunaan abu batu juga terbukti tidak menyebabkan penurunan signifikan terhadap nilai flow, yang menunjukkan bahwa fleksibilitas campuran tetap terjaga.

b. Kelebihan Abu Batu

1) Biaya yang Lebih Rendah: Abu batu umumnya lebih murah dibandingkan dengan agregat biasa, sehingga bisa membantu menekan biaya proyek.
2) Daya Ikat yang Meningkat: Abu batu memiliki sifat yang dapat meningkatkan daya ikat antar partikel dalam campuran aspal, sehingga menghasilkan lapisan yang lebih kuat dan tahan lama.
3) Mengurangi Penggunaan Agregat: Dengan menambahkan abu batu, kita bisa mengurangi jumlah agregat yang diperlukan, yang juga membantu dalam pelestarian sumber daya alam.

4) Meningkatkan Ketahanan: Dalam beberapa kasus, abu batu dapat meningkatkan ketahanan campuran aspal terhadap deformasi dan kerusakan akibat beban lalu lintas.

c. Kekurangan Abu Batu

1) Kualitas yang Beragam: Kualitas abu batu bisa bervariasi tergantung pada sumber dan proses pembakarannya, yang dapat mempengaruhi kinerja campuran aspal.
2) Kandungan Air yang Tinggi: Abu batu cenderung memiliki kadar air yang lebih tinggi, yang bisa mempengaruhi proses pencampuran dan pengeringan aspal.
3) Potensi Pengendapan: Jika tidak dikelola dengan baik, abu batu bisa mengendap dalam campuran, yang dapat menurunkan kualitas dan kekuatan aspal.
4) Reaksi Kimia: Beberapa jenis abu batu mungkin mengandung senyawa kimia yang dapat bereaksi dengan aspal, yang bisa mempengaruhi stabilitas dan umur pakai campuran.
5) Batasan Proporsi: Penggunaan abu batu dalam campuran aspal harus dilakukan dengan hati-hati, karena proporsi yang tidak tepat dapat mengurangi kinerja campuran secara keseluruhan.

2. Kekuatan dan Stabilitas Campuran

a. Pengertian Kekuatan Dan Stabilitas Campuran Aspal

Kemampuan campuran aspal untuk menahan tekanan mekanis seperti gaya tekan, geser, atau tarik yang terjadi pada permukaan jalan tanpa mengalami

kerusakan struktural dikenal sebagai kekuatan campuran aspal, Sulandari et al. (2024), desain campuran aspal harus memastikan campuran mampu menopang beban lalu lintas yang bekerja di atasnya.

Kemampuan campuran aspal untuk menahan beban lalu lintas tanpa mengakibatkan kerusakan struktural atau deformasi permanen selama masa pelayanannya dikenal sebagai stabilitas campuran aspal. Stabilitas aspal memiliki peranan penting dalam desain dan konstruksi jalan yang aman dan tahan lama. Stabilitas aspal mencerminkan kemampuan aspal untuk menahan beban lalu lintas dan perubahan kondisi lingkungan tanpa mengalami deformasi yang signifikan.(Purnomo et al. 2024)

b. Faktor yang mempengaruhi kekuatan dan stabilitas campuran:

1) Jenis dan Kualitas Agregat

Gradasi Agregat: Ukuran dan penyebaran agregat yang tepat akan membuat campuran aspal lebih padat dan kuat. Jika gradasinya tidak baik, campuran bisa menjadi rapuh.

Kekuatan Agregat: Agregat yang kuat dan tahan tekanan, seperti batu keras, akan meningkatkan kekuatan campuran aspal.

Tekstur Permukaan Agregat: Permukaan kasar pada agregat membantu aspal lebih mudah melekat, sehingga campuran lebih stabil dan tidak mudah retak.

2) Jenis dan Kualitas Aspal

Viskositas Aspal: Aspal dengan kekentalan yang pas bisa merekatkan agregat dengan baik. Kalau terlalu encer, campuran jadi kurang kuat, dan kalau terlalu kental, campuran jadi kaku.

Kandungan Aspal: Jumlah aspal harus seimbang. Kalau terlalu banyak, campuran jadi lunak dan mudah berubah bentuk, kalau terlalu sedikit, daya ikatnya kurang.

3) Kandungan Filler

Jenis Filler: Bahan pengisi seperti abu batu membantu mengisi celah-celah kecil di antara agregat, membuat campuran lebih rapat dan kuat.

Kadar Filler: Jumlah filler yang pas sangat penting. Kalau terlalu sedikit, campuran kurang rapat, tapi kalau terlalu banyak, campuran bisa menjadi kaku dan mudah retak.

4) Kepadatan Campuran Aspal

Kompaksi yang Baik: Pemadatan yang maksimal membuat campuran lebih padat dan kokoh. Semakin padat campurannya, semakin tinggi kekuatannya.

Rongga Udara: Rongga udara yang terkendali (sekitar 3–5%) membuat campuran cukup fleksibel untuk menahan beban tanpa retak atau berubah bentuk.

5) Suhu Pencampuran dan Pemadatan

Suhu Pencampuran: Campuran aspal perlu dibuat pada suhu yang tepat supaya aspal bisa menyelimuti agregat secara merata. Jika terlalu dingin, hasilnya tidak rata.

Suhu Pemadatan: Pemadatan dilakukan pada suhu tertentu agar campuran aspal lebih padat dan stabil.

6) Faktor Lingkungan

Suhu dan Cuaca: Perubahan suhu yang drastis atau cuaca buruk dapat memengaruhi stabilitas jalan, seperti retak karena panas atau lunak karena hujan.

Kelembapan: Kandungan air yang tinggi bisa membuat aspal kurang merekat pada agregat, sehingga kekuatan campuran berkurang.

Kondisi Tanah Dasar: Tanah dasar yang stabil sangat penting untuk mendukung lapisan aspal di atasnya.

7) Beban Lalu Lintas

Beban Berulang: Beban kendaraan yang sering lewat, terutama yang berat, bisa melemahkan campuran jika tidak dirancang dengan baik.

Kecepatan Kendaraan: Kecepatan kendaraan juga bisa memengaruhi gesekan dan stabilitas lapisan aspal.

8) Proporsi Campuran

Komposisi yang Seimbang: Perbandingan antara agregat, filler, dan aspal harus tepat. Jika tidak, campuran bisa terlalu lemah atau terlalu kaku.

Parameter Desain Marshall: Desain campuran harus memenuhi standar tertentu, seperti stabilitas dan flow, agar hasilnya optimal.

9) Metode Pencampuran dan Pengujian

Homogenitas Campuran: Campuran yang tidak merata bisa menghasilkan jalan yang kurang kuat. Oleh karena itu, pencampuran harus dilakukan secara sempurna.

Pengujian Marshall: Campuran harus diuji menggunakan alat Marshall untuk memastikan kekuatannya memenuhi standar.

3. Material Penyusun Asphalt

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

a. Agregat

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

1) Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Berat jenis kering *bulk specific grafity* adalah perbandingan antara benda agregat kering dan berat air yang isinya sama denga nisi agregat dalam keadaan jenuh pada saat tertentu. Berat isi permukaan (kering SSD) yaitu

perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dengan berat isi suling yang beratnya sama dengan berat agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

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

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

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

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

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

Dimana :

B = berat benda uji SSD (gr)

C = berat benda uji dalam air (gr)

D = berat benda uji kering oven (gr)

2) Analisa Saringan Agregat Kasar

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

3) Pengujian Abrasi

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

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

Dimana :

A = berat benda uji semula (gr)

B = berat benda uji setelah abrasi (gr)

4) Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

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

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

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

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

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

Dimana :

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

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

D = Berat piknometer + air (gr)

E = Berat benda uji kering oven (gr)s

5) Analisa Saringan Agregat Halus

Analisa saringan adalah suatu analisis untuk mengetahui distribusi ukuran agregat halus, dengan menggunakan ukuran-ukuran saringan standar tertentu yang ditunjukkan dengan lubang saringan (mm). dengan ini dapat pula menilai apakah agregat halus yang akan digunakan tersebut cocok untuk produksi aspal. Agregat diklasifikasikan menurut ukuran butirnya, yang meliputi agregat kasar (agregat tertahan pada saringan No. 4), agregat halus (agregat lolos saringan No. 4 dan tertahan saringan No. 200) dan bahan pengisi atau filler (agregat lolos saringan No. 200). Ketentuan dalam penggunaan agregat dapat dilihat pada tabel 2.2, 2.3 dan 2.4.

Tabel 2. 1 Ketentuan Bahan Pengisi (Filler) (*Sumber:* Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 revisi 2)

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

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

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

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

Pengujian			Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12 %
	magnesium sulfat			Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6 %
		500 putaran		Maks. 30 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8 %
		500 putaran		Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2539:2011	Min. 95%
Butir pecah pada Agregat Kasar		SMA	SNI 7619:2012	100/90 *)
		Lainnya		95/90 **)
Partikel Pipih dan Lonjong		SMA	SNI 8287:2016 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5%
		Lainnya		Maks. 10%
Material lolos Ayakan No.200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Catatan :

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

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

B. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

Adapun hasil penelitian terdahulu yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Sura Sri Mariani (2024) bertujuan untuk mengkaji kelayakan material agregat kasar yang berasal dari Gunung Alitta sebagai bahan campuran perkerasan aspal beton (AC-WC). Dalam penelitian ini dilakukan serangkaian uji Marshall untuk mengetahui nilai stabilitas, VIM (Void in Mix), VMA (Void in Mineral Aggregate), dan VFA (Void Filled with Asphalt). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada kadar aspal 5,5% sebesar 1564,04 kg, jauh di atas standar minimum yang ditetapkan oleh Bina Marga yaitu 800 kg. Selain itu, kadar aspal optimum pada campuran aspal dengan agregat Gunung Alitta ditentukan sebesar 5,5% dengan nilai VIM sebesar 4,01%, VMA sebesar 15,20%, dan VFA sebesar 73,59%, yang seluruhnya berada dalam batas spesifikasi yang disyaratkan. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa agregat kasar dari Gunung Alitta memenuhi persyaratan teknis dan layak digunakan sebagai bahan campuran lapisan aus aspal beton (AC-WC). Penelitian ini memberikan kontribusi penting sebagai alternatif pemanfaatan sumber daya lokal dalam pekerjaan konstruksi jalan.
2. Penelitian ini dilakukan oleh Mirsandy Permana Putra1, Hendro Widarto Hamka,Tahun (2023), Melakukan Penelitian ini yang berjudul “Analisis pemanfaatan plastik polystyrene (PS) sebagai bahan tambahan aspal AC-WC dan AC-BC Dengan metode marshall” bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan plastik polystyrene pada aspal AC-WC dan AC-BC

terhadap pengujian marshall berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Hasil penelitian menunjukkan aspal AC-WC dengan penambahan kadar polystyrene 4% dan 5% memiliki nilai stabilitas, VMA, VIM, VFA, flow dan MQ yang memenuhi spesifikasi. Sementara itu untuk aspal AC BC dengan penambahan kadar polystyrene 4% tidak memenuhi spesifikasi kecuali pada nilai VIM dan penambahan kadar polystyrene 5% tidak memenuhi spesifikasi sama sekali. Pemanfaatan limbah plastik jenis polystyrene pada campuran aspal AC WC dapat direkomendasikan sebagai bahan tambahan pada perkerasan lentur, sedangkan aspal AC-BC tidak disarankan karena tidak dapat meningkatkan kualitas karakteristik marshall secara keseluruhan.

3. Budi Winarno, Ki Catur Budi, Sumargono, Agata Iwan Candra, Saiful Muslimin, Sudjati (2020) Penelitian ini menggunakan abu batu sebagai filler yang telah dihancurkan. Metode yang digunakan adalah eksperimen pada penambahan limbah benda uji beton dengan presentase normal, 30%, 50%, 70% dan 100%. Metode marshall yang menjadi dasar perhitungan nilai stabilitas dan flow Pada uji marshall menghasilkan pengujian karakteristik dari tabel tersebut mempunyai nilai rata-rata dari hasil penelitian campuran aspal beton menggunakan abu batu sebagai filler dengan 5 sampel padametode marshall menunjukan hasil, bahwa semua hasil memenuhi persyaratanbina marga pada nilai VMA 18,22 %, nilai VIM 4,22%, nilai VFB 75,04 %, nilai STABILITAS 4806 kg, nilai FLOW 3,24 mm, dan nilai Marshall Quotient(MQ) 14958,1 kg/mm.

4. Budiman, James WTP (2022) dengan judul "Penggunaan Abu Batu Sebagai Pengganti Sebagian Material Pasir". .Tujuan penelitian ini menentukan pengaruh dan nilai kuat tekan karakteristik beton dengan penggunaan abu batu dengan variasi campuran (10% abu batu, 90% pasir), (20% abu batu, 80% pasir) dan (30% abu batu, 70% pasir) dengan target mutu beton Fc' 17,5 Mpa. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimen laboratorium mengacu standar SNI. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan abu batu (AB) sebagai campuran beton normal mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Semakin tinggi persentase abu batu (AB), maka nilai kuat tekan beton semakin meningkat. Nilai kuat tekan beton dari abu batu (AB) pada komposisi AB 10%, AB 20% dan AB 30% diperoleh sebesar 173.50 kg/cm2, 235.11 kg/cm2 dan 239.88 kg/cm2 sedangkan beton normal 18.59 MPa pada umur 28 hari.
5. Yunita Pane, Suhelmi, Desi Sri Pasca Sari, tahun 2021 dengan judul "Analisa Semen Portand Dan Abu Batu Sebagai Filler Dengan Marshall Dan Durabilitas Aspal Hotmix (AC – WC)". Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan 100% semen portland menghasilkan stabilitas tertinggi, sedangkan abu batu memiliki durabilitas terbaik setelah perendaman. Kombinasi keduanya memberikan karakteristik campuran yang seimbang, menjadikan ketiganya layak digunakan tergantung pada kebutuhan teknis perkerasan jalan,
6. Muchtar Salim, Hadi Gunawan Pada tahun (2021),dengan judul "Variasi presentase Abu batu terhadap karakteristik Marshall dalam

campuran HRS Base" Hasil penelitian menunjukan nilai stabilitas, nilai rongga terisi aspal dan nilai Marshall Qoutient meningkat bersamaan meningkatnya kandungan filler abu batu dalam campuran HRS – Base. Sedangkan nilai rongga dalam campuran dan rongga dalam agregat (VMA) menurun saat kandungan filler abu batu meningkat.

7. Raditya Pradhipta (2022), dengan judul "Analisis pengaruh penggunaan Abu batu sebagai subtitusi parsial agregat halus terhadap karakteristik beton pada mutu 30 MPa" Penelitian yang dilakukan menunjukkan nilai persentase tertinggi pada abu batu sebesar 20% dengan penambahan viscocrete 3115N sebesar 0,4%. Pada pengujian kuat tekan didapatkan nilai tertinggi sebesar 33,52 MPa, kuat tarik dengan nilai sebesar 2,91 MPa, dan kuat lentur dengan nilai sebesar 3,90 MPa. Pada pengujian penyerapan air menunjukkan persentase abu batu 30% memiliki nilai penyerapan air tertinggi sebesar 2,13%. Pada berat volume menunjukkan nilai berat volume beton menurun hal ini disebabkan berat jenis dari abu batu lebih kecil dibandingkan agregat halus sehingga mempengaruhi nilai berat volume.
8. Samsul, Mustakim, Kasmaida, Tahun (2023), dengan judul "Pengaruh ukuran butir agregat kasar terhadap kapasitas kuat tekan dan nilai Slump beton porous" Hasil penelitian ini dapat menunjukkan bahwa proporsi campuran optimum diperoleh pada variasi agregat 0,5-1 cm. Kuat tekan dengan ukuran agregat 0,5-1 cm sebesar 6,13 MPa, ukuran agregat 1-2 cm sebesar 5,47 MPa, sedangkan ukuran agregat 2-3 cm sebesar 5,00 MPa. Nilai slump dengan agregat ukuran 0,5-1 cm sebesar 196 mm, agregat

ukuran 1-2 cm sebesar 192 mm, sedangkan agregat ukuran 2-3 cm sebesar 178 mm.

9. Mhd Almahi, Yelfidar, Syaiful Hendri Rawi, Tahun (2023), dengan judul "Pengaruh Penambahan Abu Batu Terhadap Mix Design Campuran Beton K-225" penelitian yang bertujuan menyelidiki hubungan sebab akibat antara satu dengan yang lain dan membandingkan hasilnya sehingga menjadikan sebuah inovasi. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan penulis terhadap variasi penambahan abu batu pada campuran beton terhadap agregat halus dengan variasi 25 %, 50% dan 75 %. Hasil pemeriksaan laboratorium pada penelitian ini diketahui bahwa presentase abu batu yang optimum sebagai pengganti pasir yaitu variasi abu batu 50 % dengan kuat tekan umur 28 hari 19,60 Mpa. Abu batu pada benda uji 50 % dapat digunakan sebagai pengganti pasir karena secara kuat tekan dengan ketentuan mutu K-225 memenuhi syarat dengan nilai 19,60 Mpa.
10. Ahmad Ravi, Betti Ses Eka Polonia (2023), dengan judul "Kajian parameter marshall limbah cangkang ale-ale dan Abu batu sebagai filler campuran lapis aspal beton" Limbah cangkang ale-ale dapat bermanfaat dan digunakan sebagai filler dalam campuran aspal beton. Parameter Marshall pada campuran filler cangkang ale-ale 4% dan 8% yang memenuhi spesifikasi lapisan aspal AC-BC dan lapisan aspal HRS-WC adalah pada nilai kepadatan, nilai VMA, nilai stabilitas, nilai kelelehan, dan nilai MQ (Marshall Quotient). Parameter Marshall pada campuran filler abu batu 4% dan 8% yang memenuhi spesifikasi lapisan aspal AC-BC dan lapisan aspal

HRS-WC adalah pada nilai kepadatan, nilai VMA, nilai stabilitas, nilai kelelehan, dan nilai MQ (Marshall Quotient).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Metode yang digunakan yaitu metode experimen, yang merupak penelitian yang dilakukan dengan cara melakukan suatu percobaan untuk memperoleh data atau hasil dilakukan di laboratorium, penelitian ini menggunakan Abu Batu. (Asiva Noor Rachmayani 2015)

Penelitian ini menggunakan abu batu sebagai filler yang telah dihancurkan. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen di laboratorium. Dalam studi ini, variasi persentase abu batu yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, di mana setiap campuran akan diuji menggunakan metode Marshall untuk mengukur stabilitas dan flow. Bahan yang digunakan mencakup aspal, agregat kasar dan halus, serta abu batu yang telah terstandarisasi. Setelah pembuatan sampel, pengujian dilakukan untuk menentukan karakteristik fisik abu batu, dan hasil pengujian stabilitas akan dicatat untuk analisis lebih lanjut. Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan analisis varians (ANOVA) untuk mengidentifikasi apakah terdapat perbedaan signifikan antara kelompok yang berbeda. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan pemahaman mengenai potensi penggunaan abu batu dalam campuran aspal serta memberikan rekomendasi untuk penerapan praktis di lapangan.

Tabel 3. 1 Variasi presentase abu batu

No	Variasi Abu Batu (%)	Benda uji	Umur benda uji	Jumlah
1	Campuran aspal tanpa Abu Batu (0%)	3	7 hari	3
2	Campuran aspal dengan Abu Batu (5%)	3	7 hari	3
3	Campuran aspal dengan Abu Batu (10%)	3	7 hari	3
Jumlah keseluruhan				9

Variasi Abu Batu (%): Variasi 0%, 5%, 10% diuji.

a. 0 % untuk membandingkan campuran aspal tanpa abu batu digunakan sebagai kontrol (baseline)
b. 5% untuk menilai pengaruh penambahan kecil abu batu.
c. 10% untuk mengevaluasi pengaruh penambahan sedang abu batu.

Jumlah Benda Uji per Variasi: 3 benda uji digunakan untuk setiap variasi.

Umur Benda Uji (hari): Benda uji disimpan selama 7 hari sebelum diuji untuk memastikan stabilitasnya.

Jumlah Benda Uji Keseluruhan: Ad a 9 sampel secara keseluruhan.

B. Lokasi Dan Waktu

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Aspal Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini di laksanakan selama 3 (tiga) bulan di mulai pada bulan Februari sampai dengan bulan April 2025.

Tabel 3. 2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

NO	Uraian Kegiatan	Alokasi Waktu		
		Februari 2025	Maret 2025	April 2025
1	Persiapan laboratorium			
2	Pengujian bahan dasar			
3	Pembuatan benda uji			
4	Perawatan benda uji			
5	Pengujian benda uji			
6	Analisa hasil pengujian			

C. Alat dan Bahan

1. Alat:

Adapun alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain:

a. Mesin Pengujian Marshall

b. Cetakan

c. Alat Ukur

d. Timbangan Digital

e. Oven

2. Bahan:

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini antara lain:

a. Aspal : Jenis aspal penetrasi 60/70, yang umum digunakan dalam konstruksi jalan.
b. Agregat Kasar : Batu pecah dengan ukuran butir antara 19 mm hingga 25 mm.
c. Agregat Halus : Pasir dengan ukuran butir antara 0,075 mm hingga 4,75 mm.
d. Abu Batu : Yang di peroleh dari pabrik batu LAKERA BUM

D. Prosedur Standar Penelitian

1. Persiapan Penelitian

   Akan mengidentifikasi masalah dan merumuskan tujuan penelitian. Peneliti juga akan melakukan kajian pustaka untuk memahami teori dan penelitian sebelumnya yang relevan. Selain itu, peneliti akan merencanakan metodologi penelitian, termasuk desain eksperimen, jenis pengujian yang akan dilakukan, serta alat dan bahan yang diperlukan.

2. Pengumpulan Data Awal

   Sebelum melaksanakan penelitian lapangan, peneliti akan mengumpulkan data awal mengenai lokasi penelitian. Ini mencakup karakteristik geografis, kondisi iklim, dan aksesibilitas lokasi. Peneliti juga akan melakukan survei awal untuk memastikan bahwa lokasi yang dipilih sesuai dengan tujuan penelitian.

3. Pengumpulan Bahan

   Peneliti akan mengumpulkan semua bahan yang diperlukan untuk penelitian, termasuk aspal, agregat kasar, agregat halus, dan abu batu. Semua

bahan harus memenuhi standar yang ditetapkan untuk memastikan kualitas campuran aspal yang akan diuji.

4. Pembuatan Sampel di Lokasi Penelitian

   Setelah bahan terkumpul, peneliti akan melakukan pencampuran bahan di lokasi penelitian. Pencampuran dilakukan sesuai dengan variasi yang telah ditentukan (misalnya 0%, 5%, 10% abu batu). Setelah pencampuran, sampel campuran aspal akan dibentuk menggunakan cetakan yang sesuai.

5. Pengujian di Laboratorium

   Sampel yang telah dibuat akan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan meliputi:Pengujian Karakteristik Fisik Abu Batu: Menentukan sifat fisik abu batu yang digunakan.Pengujian Stabilitas Marshall: Mengukur stabilitas dan flow dari setiap variasi campuran aspal menggunakan mesin pengujian Marshall.

6. Analisis Data

   Setelah pengujian selesai, peneliti akan mengumpulkan dan mengolah data hasil pengujian. Data akan dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan analisis varians (ANOVA) untuk menentukan apakah terdapat perbedaan signifikan antara kelompok yang berbeda.

7. Penyusunan Laporan

   Peneliti akan menyusun laporan penelitian yang mencakup metodologi, hasil, analisis, dan kesimpulan. Laporan harus disusun dengan jelas dan sistematis, serta mencakup rekomendasi berdasarkan hasil penelitian.

8. Presentasi Hasil Penelitian

   Hasil penelitian akan disampaikan kepada pihak terkait, seperti dosen, rekan peneliti, atau dalam forum akademik. Peneliti akan menggunakan media presentasi yang sesuai untuk menjelaskan hasil dengan efektif.

9. Evaluasi dan Tindak Lanjut

   Setelah presentasi, peneliti akan melakukan evaluasi terhadap proses penelitian untuk mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan yang ada. Peneliti juga akan menyusun rencana tindak lanjut berdasarkan hasil evaluasi, termasuk kemungkinan penelitian lanjutan atau aplikasi hasil penelitian di lapangan.

E. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian mengenai pengaruh abu batu sebagai filler dalam campuran aspal, pengumpulan data dilakukan melalui serangkaian langkah dan prosedur yang terstruktur. Berikut adalah penjelasan lengkap mengenai teknik pengumpulan data yang akan diterapkan:

1. Pengumpulan Data pada Penelitian Eksperimen Irfan dan Yuniarti (2023) mengungkapkan bahwa metode pengukuran langsung sangat esensial dalam penelitian eksperimen berbasis laboratorium untuk memperoleh data kuantitatif yang akurat. Proses ini melibatkan langkah-langkah seperti penimbangan bahan secara presisi dengan alat timbangan digital dan pengujian fisik material, termasuk analisis ukuran partikel menggunakan ayakan.
2. Observasi untuk Validasi Proses Penelitian Menurut penelitian oleh Ramdani et al. (2022), observasi memainkan peran penting dalam melengkapi teknik pengumpulan data pada penelitian berbasis eksperimen. Dalam konteks

penelitian teknik sipil, observasi digunakan untuk memverifikasi kondisi lingkungan serta memastikan bahwa proses pencampuran material dilakukan sesuai prosedur standar, sehingga hasil penelitian dapat diandalkan.

3. Pengujian Material di Laboratorium Penelitian oleh Putra et al. (2022) menekankan bahwa pengujian laboratorium, seperti pengukuran sifat fisik material dan evaluasi stabilitas campuran dengan metode Marshall, sangat penting dalam penelitian material konstruksi. Data hasil pengujian ini memberikan informasi yang akurat dan relevan mengenai kinerja material yang diteliti.

F. Teknik Analisis Data

1. Analisis Deskriptif

   Analisis data kuantitatif deskriptif merupakan metode yang membantu menggambarkan, menunjukkan atau meringkas data dengan cara yang konstruktif yang mengacu pada gambaran statistik yang membantu memahami detail data dengan meringkas dan menemukan pola dari sampel data tertentu. Teknik ini mencakup penghitungan statistik dasar seperti rata-rata, median, modus, dan deviasi standar untuk setiap variasi campuran aspal.(Aziza 2023)

2. Analisis Varians (ANOVA)

   Analisis variansi atau ANOVA merupakan bagian dari metoda analisis statistika yang tergolong analisis komparatif lebih dari dua rata-rata.(Amiruddin 2023) Dalam konteks penelitian ini, ANOVA dapat digunakan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan signifikan dalam stabilitas dan flow antara variasi campuran aspal yang mengandung abu batu (misalnya 0%, 5%, dan 10%).

   Rumus dasar untuk One-Way ANOVA adalah

$$F=\frac{MSbetween}{MSwithin} \quad \text{.....(10)}$$

Di mana:

F adalah nilai statistik F yang digunakan untuk menguji hipotesis

MSbetween adalah rata-rata kuadrat antara kelompok, dihitung dengan rumus:

$$MSbetween=\frac{SS\ between}{k-1} \quad \text{.....(11)}$$

MS within adalah rata-rata kuadrat dalam kelompok, dihitung dengan rumus:

$$MSwithin=\frac{SS\ within}{N-K} \quad \text{.....(12)}$$

SS between adalah jumlah kuadrat antara kelompok, dihitung dengan rumus

$$SSbetween = \sum_{i=1}^{k} n1(X1 - X2) \quad \text{.....(13)}$$

k adalah jumlah kelompok.

N adalah total jumlah observasi.

ni adalah jumlah observasi dalam kelompok ke-i.

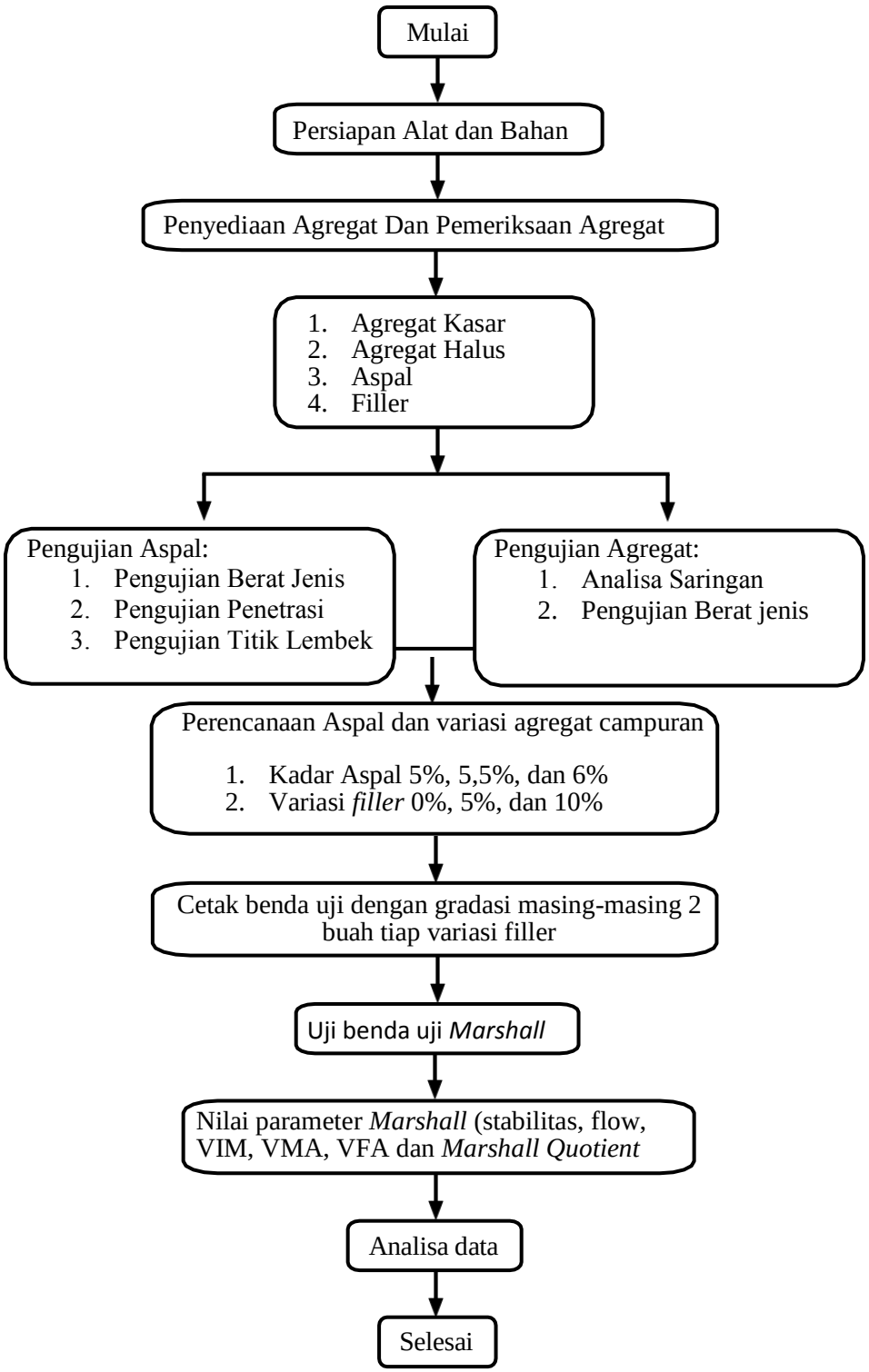
Xi adalah rata-rata dari kelompok ke-i.

X adalah rata-rata keseluruhan dari semua data.

3. Uji Tukey (Post Hoc Test)

Jika ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan, uji Tukey dapat dilakukan sebagai analisis lanjutan untuk menentukan kelompok mana yang berbeda secara signifikan. Uji ini membantu dalam memahami perbedaan spesifik antara variasi campuran aspal.

G.Diagram Alir



Tabel 1 Gambar Diagram Alir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisik Agregat

1. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat

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

a. Berat jenis agregat kasar 1-2

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

Tabel 4. 1 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar 1-2 *(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2025).*

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

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

b. Berat jenis agregat kasar 0.5-1

Hasil pengujian terhadap agregat kasar 0.5-1 berdasarkan Spesifikasi Umum

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

Tabel 4. 2 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar 0.5-1 *(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2025).*

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

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

c. Berat jenis agregat halus (abu batu)

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

Tabel 4. 3 Berat jenis dan penyerapan agregat halus *(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2025).*

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

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

2. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar (Abrasi)

Tabel 4. 4 Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar (Abrasi) 500 Putaran *(Sumber: Pengujian Laboratorium 2025).*

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

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

3. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat

Tabel 4. 5 Hasil pengujian analisa saringan agregat 1-2 *(Sumber : Pengujian Laboratorium 2025).*

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

Tabel 4. 6 Hasil pengujian analisa saringan agregat 0.5-1 *(Sumber: Pengujian Laboratorium 2025)*

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

Tabel 4. 7 Hasil pengujian analisa saringan agregat halus *(abu batu) (sumber: Pengujian Laboratorium 2025)*

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

B. Hasil Pemeriksaan Sifat-Sifat Aspal

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

Tabel 4. 8 Hasil pengujian aspal *(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium 2025)*

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

Dari hasil pengujian aspal diatas diperoleh nilai berat jenis aspal 1,01 gr/cc,

titik lembek aspal 49^{0}C, kehilangan berat aspal 0,4 dan penetrasi pada 25^{0}C sebesar 68 mm. Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 pemeriksaan aspal maka aspal dalam pengujian ini memenuhi.

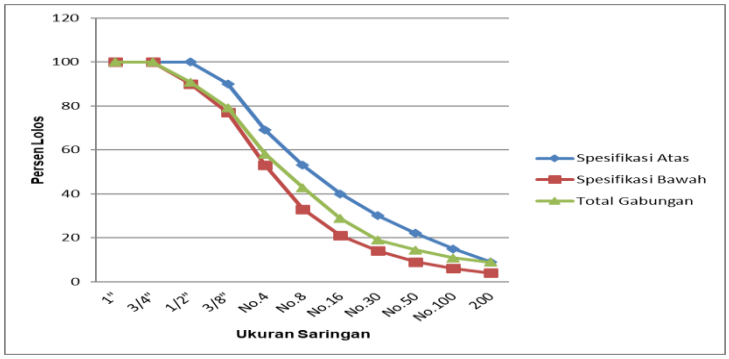
C. Hasil Rancangan Campuran

1. Gradasi Agregat Gabungan

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

Tabel 4. 9 Hasil gradasi agregat gabungan campuran normal *(sumber: hasil laboratorium 2025)*

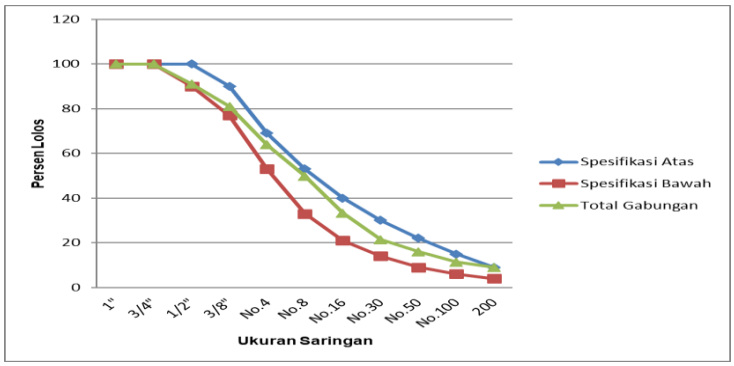
Saringan		Gradasi Agregat				25%	33%	40%	2%	Total	Spek. AC-WC
ASTM	(mm)	Agg.1/2	Agg. 0.5/1	Abu Batu	Semen	Agg. 1/2	Agg 0.5/1	Abu Batu	Semen		
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	25,00	33,00	40,00	2,00	100,00	100
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	25,00	33,00	40,00	2,00	100,00	100
1/2"	12,5	62,98	100,00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



Gambar 4. 1 Grafik hasil gradasi agregat gabungan (Sumber : Hasil olah data 2025)

Tabel 4. 10 Hasil gradasi agregat gabungan campuran abu batu 5% *(sumber: hasil laboratorium 2025)*

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

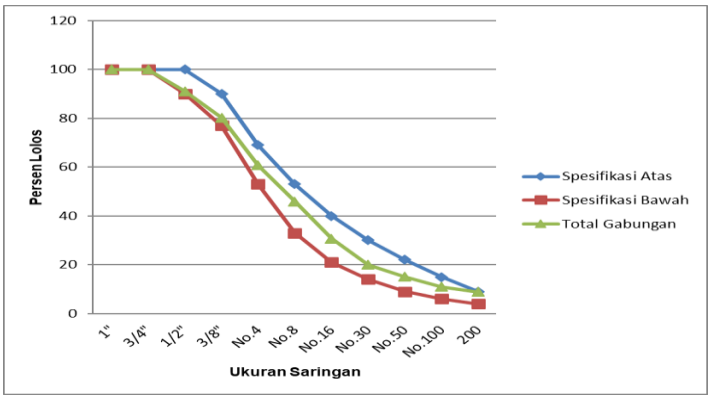


Gambar 4. 2 Grafik hasil gradasi agregat gabungan abu batu 5% *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

Tabel 4. 11 Hasil gradasi agregat gabungan campuran abu batu 10% *(sumber: hasil laboratorium 2025)*

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

Saringan		Gradasi Agregat				24%	30%	44,5 %	1,5%	Total	Spek. AC-WC
ASTM	(mm)	Agg.1/2	Agg. 0.5/1	Abu Batu	semen	Agg.1/ 2	Agg 0.5/1	Abu Batu	semen		
No.50	0,3	6,91	0,87	26,11	100,00	1,66	0,26	11,6 2	1,50	15,04	9-22
No.100	0,15	6,83	0,78	17,03	100,00	1,64	0,24	7,58	1,50	10,95	6-15
200	0,075	6,74	0,69	12,37	100,00	1,62	0,21	5,50	1,50	8,83	4-9



Gambar 4. 3 Grafik hasil gradasi agregat gabungan abu batu 10% *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan maka gradasi agregat diperoleh seperti pada tabel diatas. Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan khusus untuk campuran AC-WC harus berada di antara batas atas dan batas bawah yang sesuai dengan spesifikasi. Dari hasil gradasi agregat gabungan diatas telah memenuhi batas-batas Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

D. Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji

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

Tabel 4. 12 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji normal *(Sumber: Hasil Pengolahan Data 2025)*

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

Tabel 4. 13 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji abu batu 5% *(Sumber: Hasil Pengolahan Data 2025)*

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

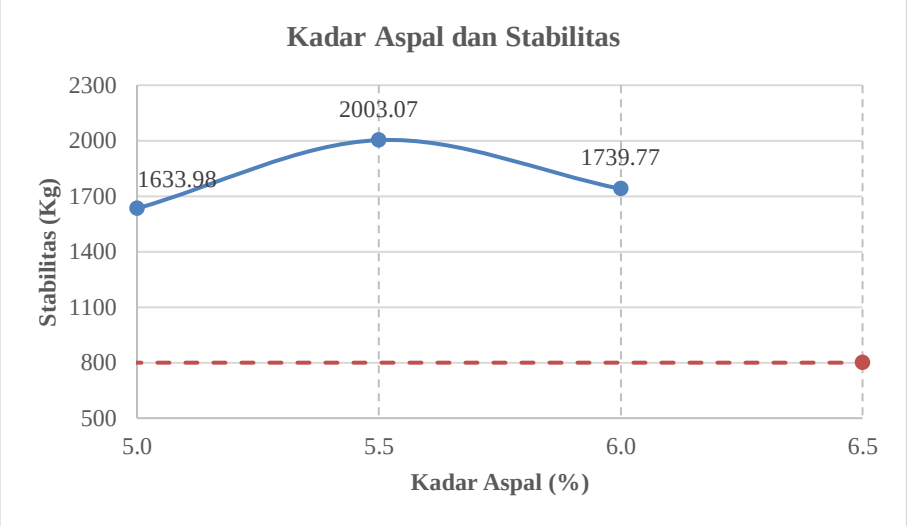
Tabel 4. 14 Hasil berat agregat yang diperlukan untuk benda uji abu batu 10% *(Sumber: Hasil Pengolahan Data 2025)*

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

E. Hasil Pengujian Marshall

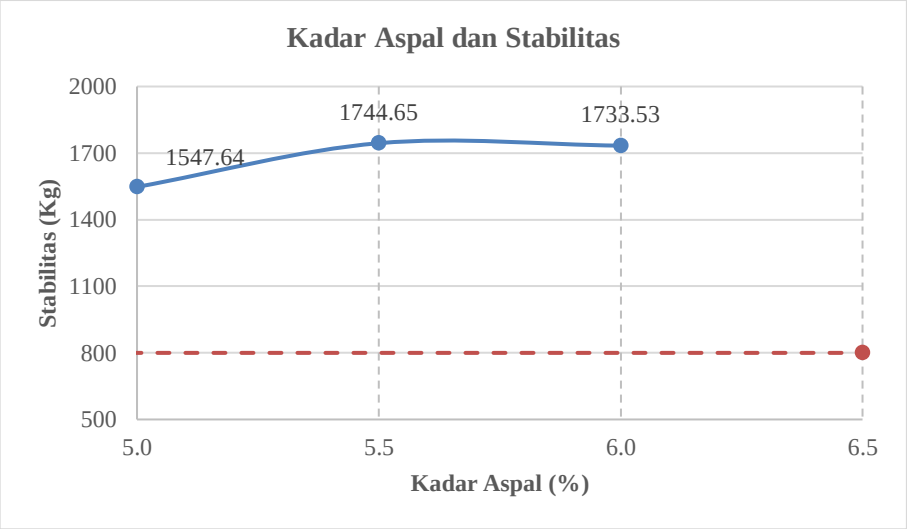
1. Stabilitas

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik hubungan nilai stabilitas dengan kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% pada campuran filler 0%, 5%, dan 10% dapat dilihat pada gambar 4.4, 4.5, dan 4.6 dibawah ini.



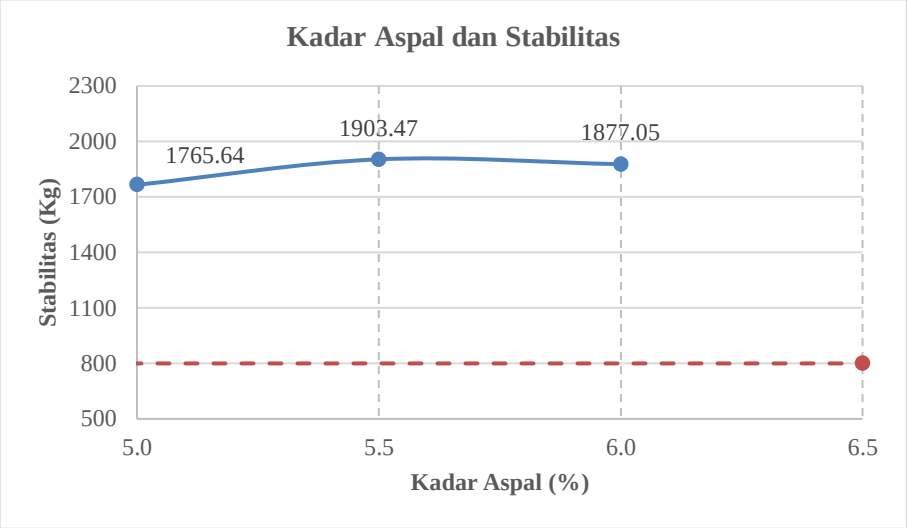
Gambar 4. 4 Grafik hubungan antara kadar aspal dangan stabilitas pada campuran aspal normal 5%, 5,5%, dan 6% *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

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



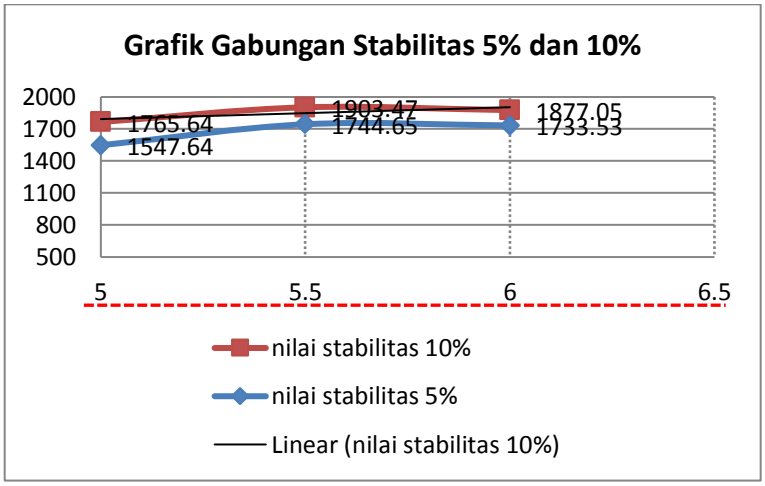
Gambar 4. 5 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan stabilitas pada campuran abu batu 5%. *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

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



Gambar 4. 6 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan stabilitas pada campuran abu batu 10%. *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

Dari gambar 4.6 grafik menunjukkan hubungan stabilitas dengan kadar aspal pada campuran abu batu 10%. Dari grafik nilai stabilitas pada kadar aspal 5% sebesar 1765.64 kg, kadar aspal 5,5% sebesar 1903.47 kg, dan nilai stabilitas terendah yaitu pada kadar aspal 6% sebesar 1877.05 kg. Dari hasil pengujian untuk nilai stabilitas dari gambar 4.6 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada campuran abu batu 10% semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang memiliki nilai stabilitas minimum 800 kg.

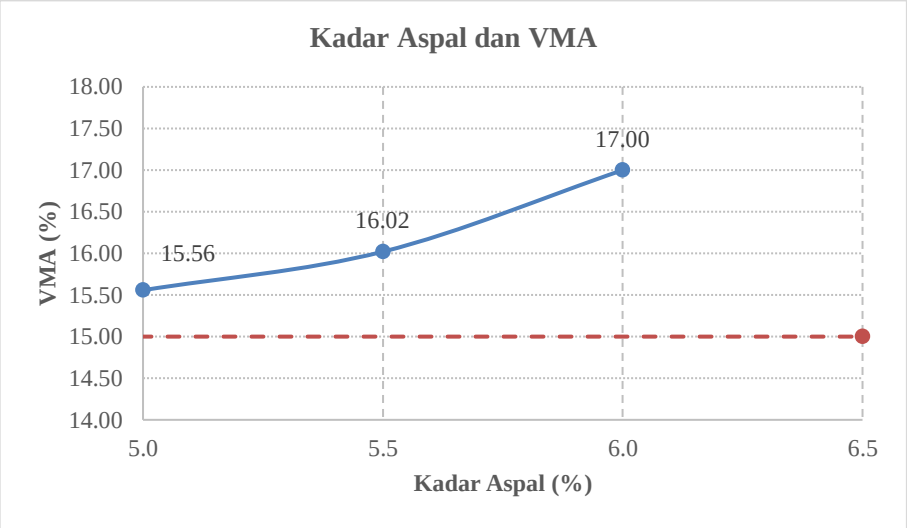


Gambar 4. 7 Grafik Gabungan Stabilitas 5% dan 10% (Sumber Olah Data 2025)

Berdasarkan grafik gabungan hubungan stabilitas dengan kadar aspal, campuran abu batu 5% dan 10% pada kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% menunjukkan nilai stabilitas di atas 800 kg, sehingga memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Nilai stabilitas tertinggi pada campuran abu batu 10% sebesar 1903,47 kg dan terendah sebesar 1547,64 kg pada campuran abu batu 5%.

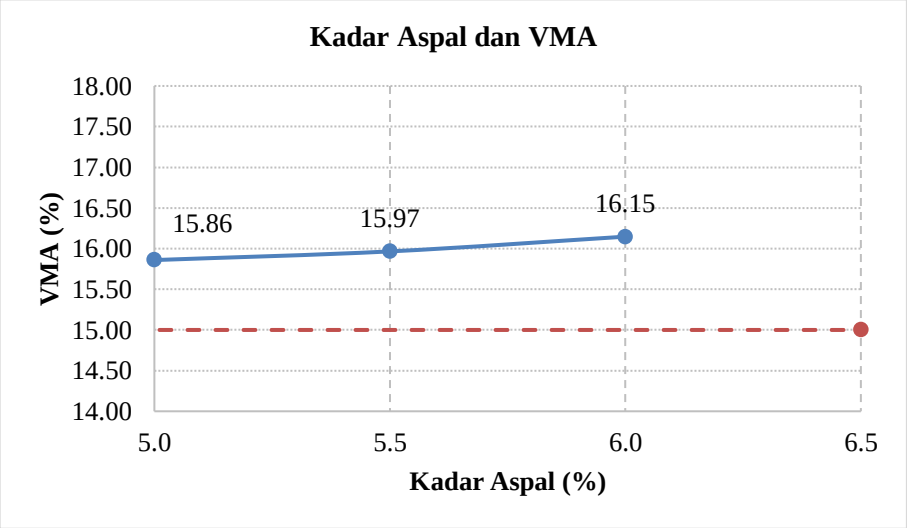
2. Rongga Antara Mineral Agregat (VMA)

Nilai VMA yang didapat pada kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan campuran abu batu 0%, 5%, dan 10% dapat dilihat pada gambar 4.7- 4.9.



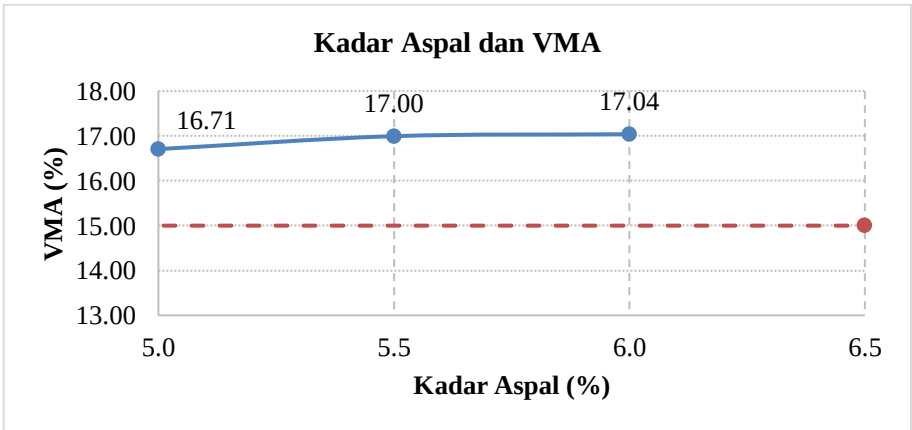
Gambar 4. 8 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan VMA pada campuran aspal normal 5%, 5,5%, dan 6%. *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

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



Gambar 4. 9 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan VMA pada campuran abu batu 5%. *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

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



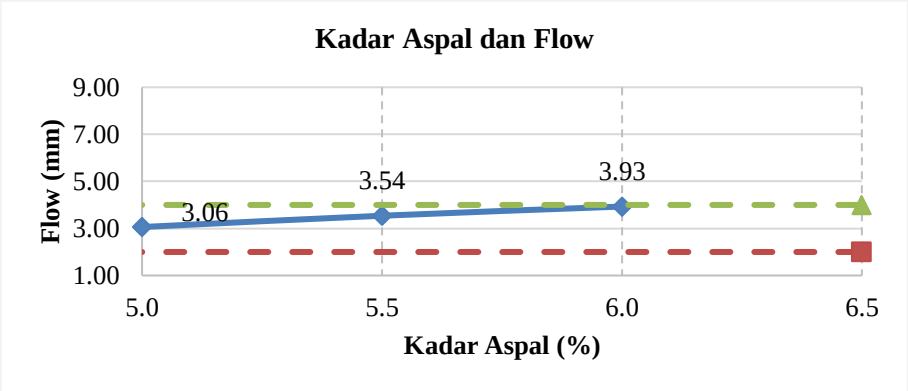
Gambar 4. 10 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan VMA pada campuran filler serbuk batu kapur 10%. *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

Nilai VMA pada abu batu 10% dengan kadar aspal 5% sebesar 16.71%,

5,5% sebesar 17.00% dan 6% sebesar 17.04%. Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa penggunaan abu batu 10% sebagai campuran aspal dengan kadar 5%, 5,5%, dan 6% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang dimana spesifikasinya minimal 15%.

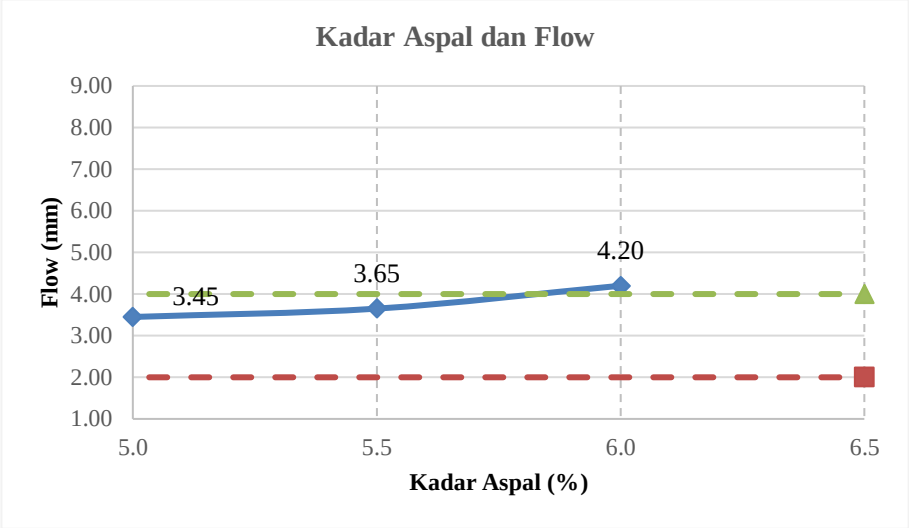
3. Kelelahan (Flow)

Nilai flow didapat pada aspal normal serta penambahan abu batu dapat dilihat pada gambar 4.10-4.12.



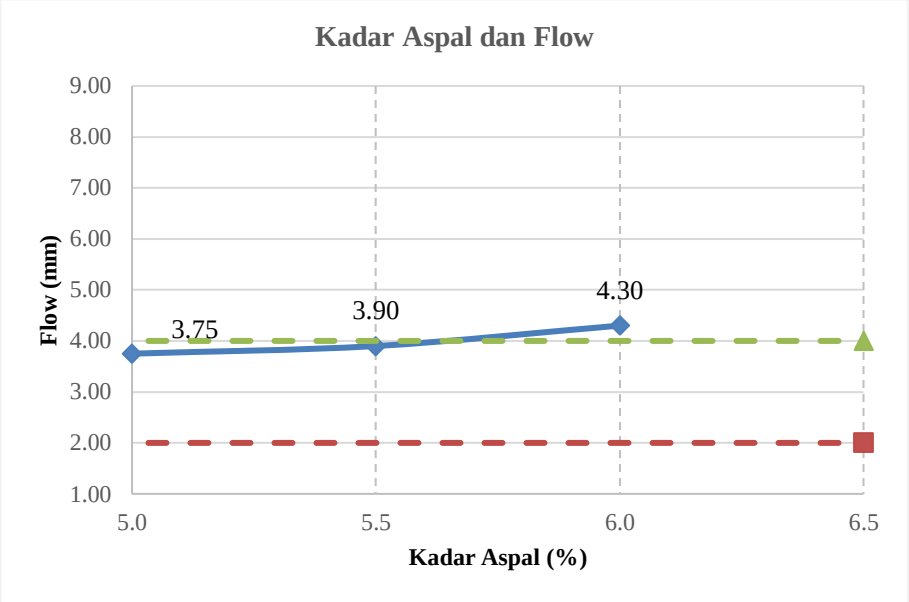
Gambar 4. 11 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan flow pada campuran aspal normal 5%, 5,5%, dan 6%.*(Sumber : Hasil olah data 2025)*

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



Gambar 4. 12 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan flow pada campuran abu batu 5%. *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

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

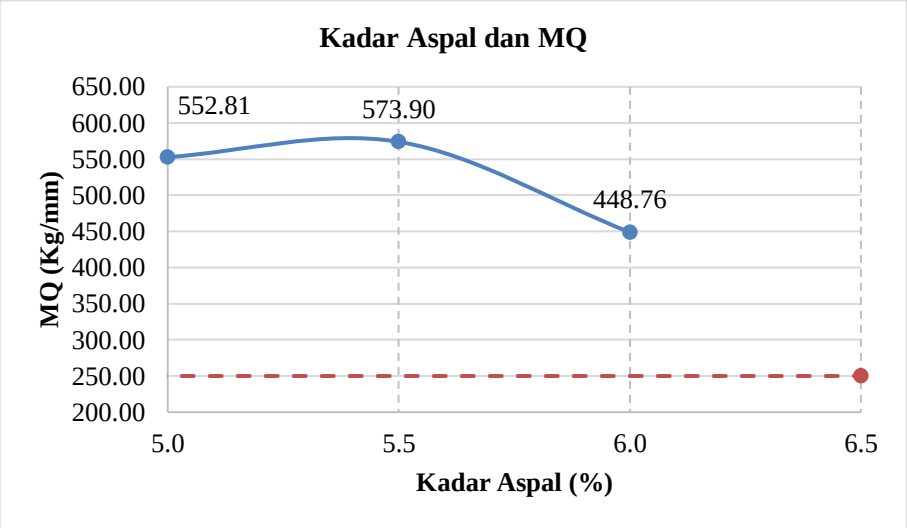


Gambar 4. 13 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan flow pada campuran abu batu 10%. *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.12 di atas dapat dilihat bahwa nilai flow pada abu batu 10% dengan kadar aspal 5% sebesar 3,75 mm, kadar aspal 5,5% sebesar 3.90 mm dan kadar aspal 6% sebesar 4.30 mm. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 ditetapkan nilai flow 2 mm - 4 mm. Pengujian nilai flow pada penambahan abu batu 5% dengan kadar aspal 6% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Pengujian nilai flow pada penambahan abu batu 10% dengan kadar aspal 5% - 5,78% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

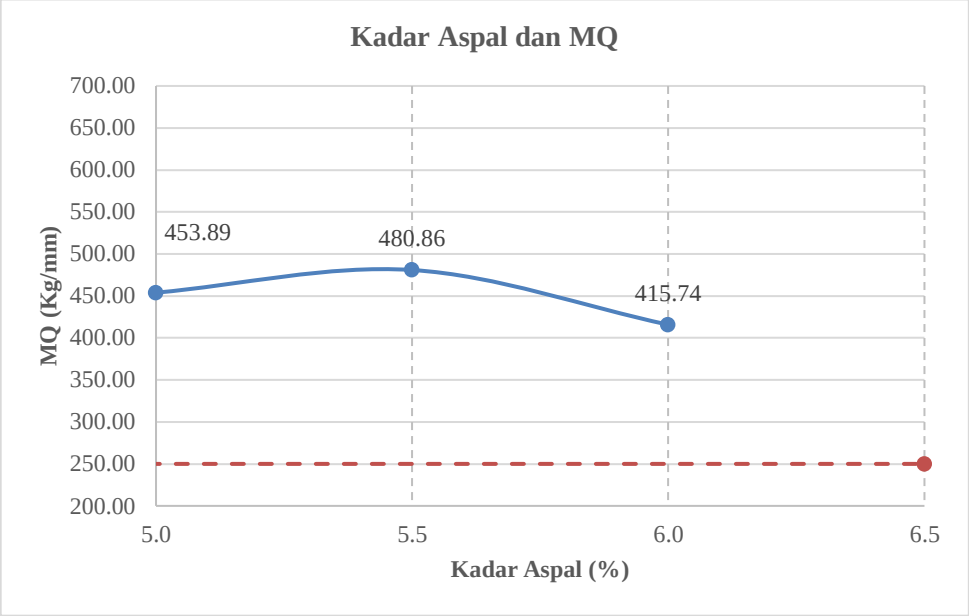
4. MQ (kg/mm)

Nilai MQ yang didapat pada campuran aspal normal serta penambahan abu batu dapat dilihat pada gambar 4.13- 4.15



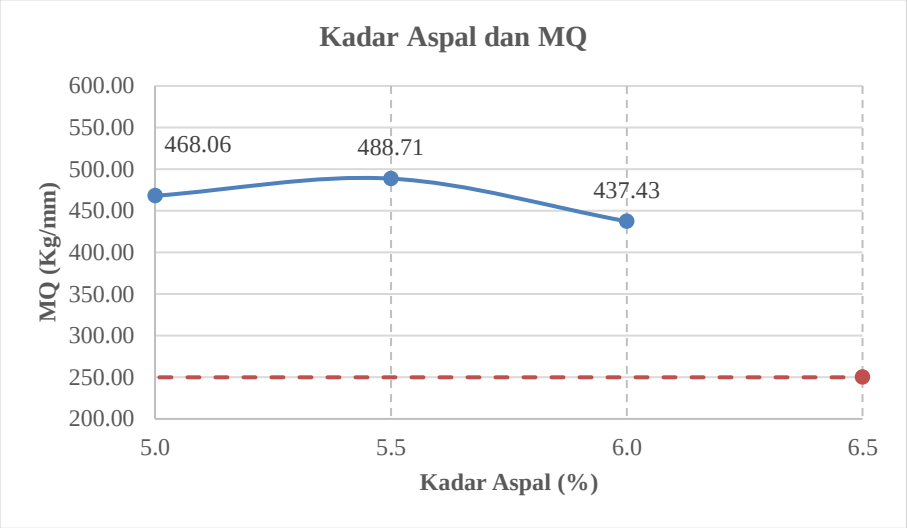
Gambar 4. 14 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan MQ pada campuran aspal normal 5%, 5,5%, dan 6%.*(Sumber : Hasil olah data 2025)*

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



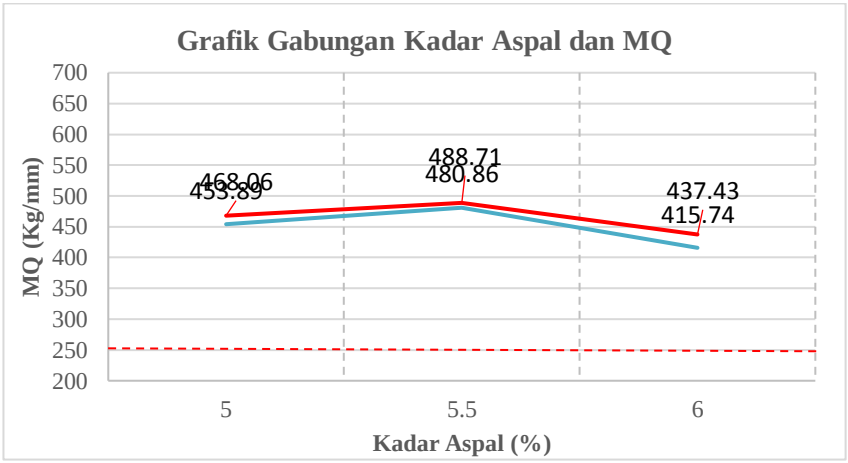
Gambar 4. 15 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan MQ pada campuran abu batu 5%. *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

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



Gambar 4. 16 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan MQ pada campuran abu batu10%. *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

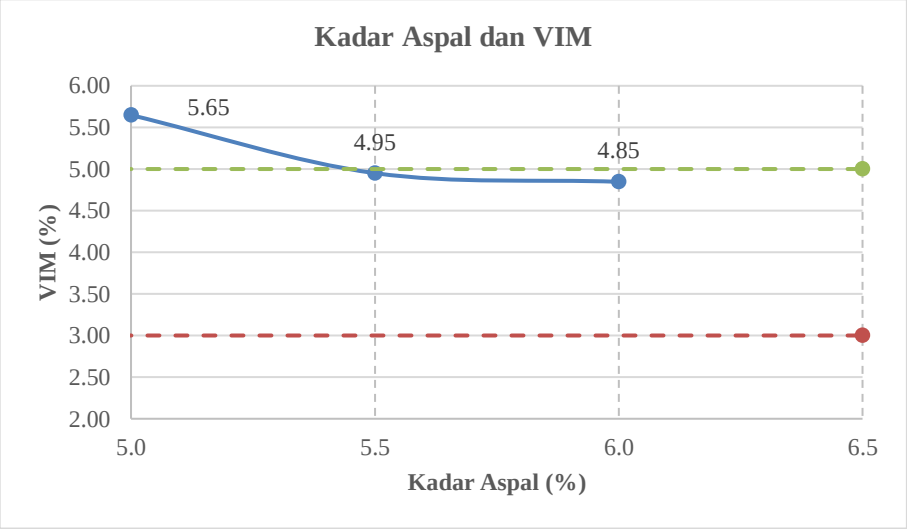
Nilai MQ pada kadar aspal 5% sebesar 468.06 kg/mm, kadar aspal 5,5% sebesar 488.71 kg/mm dan kadar aspal 6% sebesar 437.43 kg/mm. Berdasarkan grafik pada gambar 4.15 dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* mengalami naik turun seiring bertambahnya kadar aspal sehingga nilai MQ sudah memenuhi batas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



Gambar 4.17 Grafik gabungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan MQ pada campuran abu batu 5% dan 10%. *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

Berdasarkan grafik gabungan kadar aspal dan Marshall Quotient (MQ), nilai MQ pada kadar aspal 5% tercatat sebesar 453,89 kg/mm untuk campuran abu batu 5% dan 468,06 kg/mm untuk campuran abu batu 10%. Pada kadar aspal 5,5%, nilai MQ masing-masing sebesar 480,86 kg/mm dan 488,71 kg/mm, sedangkan pada kadar aspal 6% sebesar 415,74 kg/mm dan 437,43 kg/mm. Pola tersebut menunjukkan bahwa nilai MQ mengalami fluktuasi seiring bertambahnya kadar aspal, namun seluruh nilai tetap berada di atas batas minimum 250 kg/mm sesuai Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Nilai MQ tertinggi pada campuran abu batu 10% sebesar 488,71 dan terendah sebesar 415,74 pada campuran abu batu 5%.

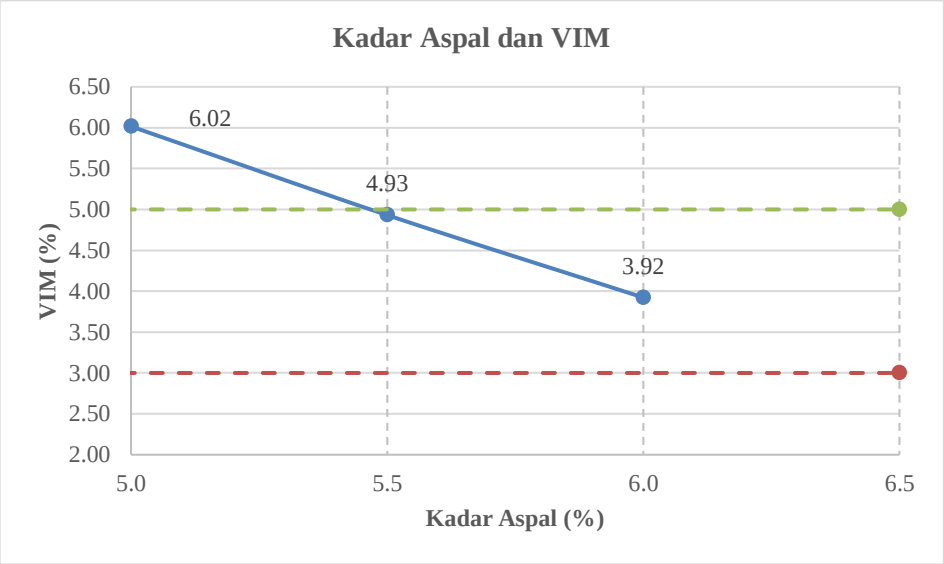
5. Rongga Terhadap Campuran (VIM)



Gambar 4. 18 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan VIM pada campuran aspal normal 5%, 5,5%, dan 6%. *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

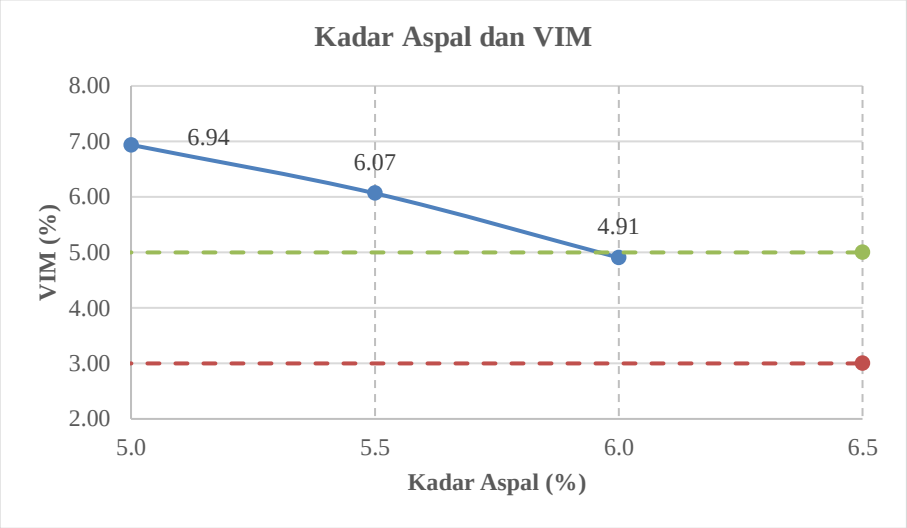
Nilai VIM pada aspal normal dengan kadar aspal 5% sebesar 5.65%, kadar aspal 5,5% sebesar 4.95%, dan kadar aspal 6% sebesar 4.85%. Dari pengujian VIM memiliki batas Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 dengan nilai batas 3% - 5%. Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa campuran normal pada pengujian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

VIM dengan kadar aspal 5% tidak memenuhi spesifikasi bina marga 2018 revisi 2, sedangkan kadar aspal 5,45%-6% memenuhi spesifikasi umum bina marga 2018 Revisi 2.



Gambar 4. 19 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan VIM pada campuran abu batu 5%. *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

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

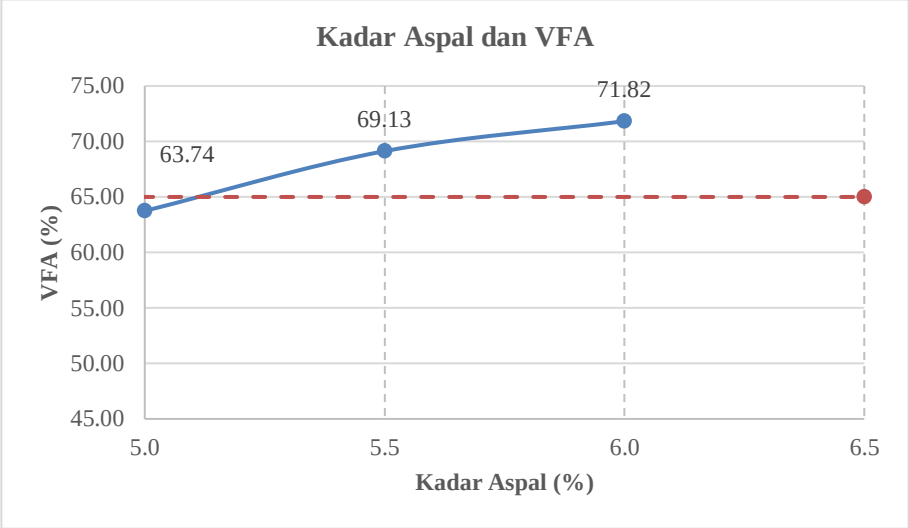


Gambar 4. 20 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan VIM pada campuran abu batu 10%. *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

Nilai VIM pada abu batu 10% dengan kadar aspal 5% sebesar 6.94%, 5,5% sebesar 6.07% dan 6% sebesar 4.91%. Dari pengujian VIM memiliki batas Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 dengan nilai batas 3%-5%. Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa abu batu 10% dengan kadar aspal 5% sebesar 6.94%, dan 5,5%, sebesar 6.07% tidak memenuhi spesifikasi bina marga 2018 revisi 2. Sedangkan abu batu 10% dengan kadar aspal 5,58%- 6% memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

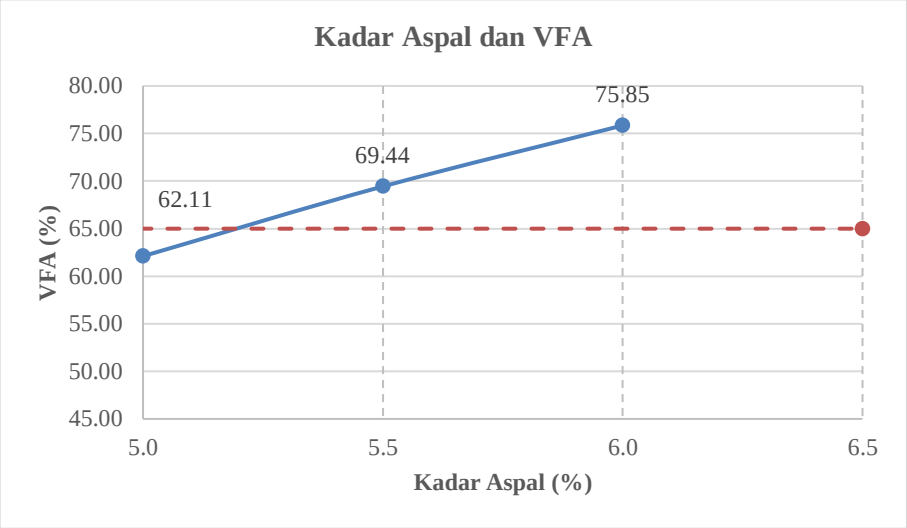
6. Rongga Tersisi Aspal (VFA)

Nilai voids filleds (VFA) didapat pada aspal normal serta penggunaan bahan abu batu dapat dilihat pada gambar 4.19- 4.21.



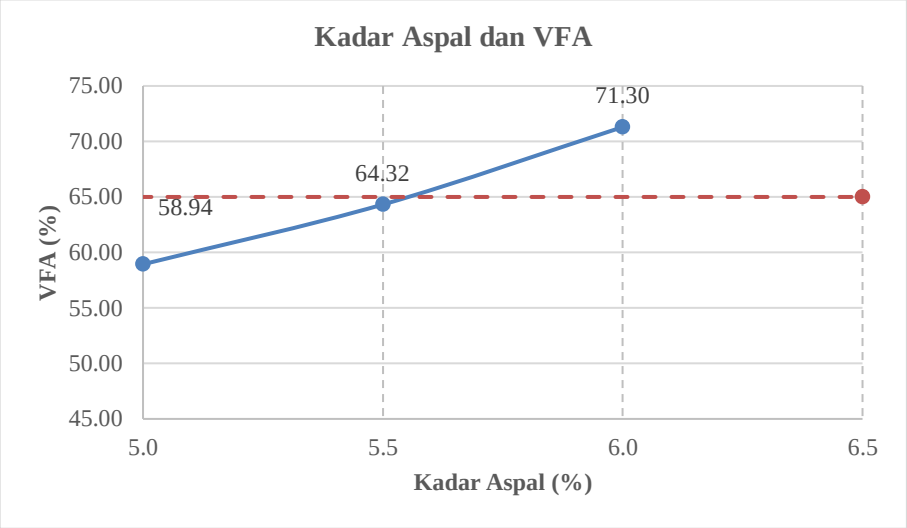
Gambar 4. 21 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan VFA pada campuran aspal normal 5%, 5,5%, dan 6%. (Sumber : Hasil olah data 2025)

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



Gambar 4. 22 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan VFA pada campuran abu batu 5%. *(Sumber : Hasil olah data 2025)*

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



Gambar 4. 23 Grafik hubungan antara kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan VFA pada campuran abu batu 10%. (Sumber : Hasil olah data 2025)

Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa penggunaan abu batu 10% sebagai campuran dengan kadar aspal 5% sebesar 58.94%, 5,5% sebesar 64.32%, dan 6% sebesar 71.30% mengakibatkan nilai VFA semakin naik. Semakin besar nilai VFA maka campuran semakin awet, karena nilai VFA berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Pada grafik VFA dapat dilihat bahwa batas minimum sebesar 65% dari hasil pengujian pada campuran abu batu 10% dengan kadar aspal 5,6%-6% yang Memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, sedangkan campuran abu batu 10% dengan kadar aspal 5% dan 5,5% tidak memenuhi Spesisifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, diketahui bahwa nilai VFA pada kadar aspal 5% sebesar 58,94% dan meningkat menjadi 64,32% pada kadar 5,5%. Kenaikan nilai VFA ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar aspal, semakinbanyak rongga dalam agregat yang terisi oleh aspal, sehingga kohesi antar

partikel meningkat. Hal ini sejalan dengan temuan Wahyuni et al. (2023) dan Purnomo & Cahyani (2021), yang menyatakan bahwa VFA yang tinggi—selama masih dalam rentang standar—dapat meningkatkan keawetan lapisan aspal karena mengurangi kemungkinan masuknya air dan memperbaiki ikatan antara agregat dan aspal. Dengan demikian, peningkatan nilai VFA menjadi salah satu indikator bahwa campuran aspal tersebut memiliki daya tahan (durabilitas) yang lebih baik terhadap deformasi dan kerusakan akibat beban lalu lintas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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

1.Variasi kadar Aspal pada campuran abu batu 5% menghasilkan stabilitas sebesar 1733,53 kg, yang menunjukkan bahwa penambahan abu batu 5% pada kadar aspal ini sudah mampu memberikan kestabilan yang baik dan melebihi batas minimum spesifikasi Bina Marga (≥800 kg). Variasi kadar aspal pada campuran abu batu 10% memberikan nilai stabilitas sebesar 1765.64 kg, yang jauh di atas batas minimum (800 kg) sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Ini membuktikan bahwa abu batu 10% mampu meningkatkan kekuatan campuran secara signifikan.

2. Berdasarkan hasil pengujian parameter Marshall, nilai Marshall Quotient (MQ) tertinggi diperoleh pada komposisi campuran aspal dengan filler abu batu sebesar 10% dan kadar aspal 5,5%, yaitu MQ 488,71 kg/mm. Nilai ini berada di atas batas minimum spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu 250 kg/mm, yang berarti campuran memiliki kekuatan dan kekakuan yang baik dalam menahan beban lalu lintas. Peningkatan nilai MQ pada penambahan abu batu menunjukkan bahwa filler ini efektif meningkatkan rasio antara stabilitas dan flow, sehingga campuran aspal menjadi lebih kaku namun tetap memiliki kelenturan yang memadai. Hal ini berdampak positif terhadap ketahanan perkerasan jalan, terutama dalam menghadapi deformasi plastis akibat beban berulang. Dengan demikian,

penggunaan abu batu sebagai filler pada kadar 10% terbukti mampu meningkatkan ketahanan campuran aspal terhadap deformasi dan retak dini, mendukung pemanfaatan material lokal yang ekonomis dan ramah lingkungan, serta memenuhi standar mutu yang berlaku.

B. Saran

1.Penggunaan Abu Batu 10% Disarankan: Berdasarkan hasil pengujian, kadar abu batu sebesar 10% merupakan pilihan yang paling ideal untuk campuran aspal AC-WC dari segi kekuatan, stabilitas, dan efisiensi material.

2.Perlu dilakukan uji lanjutan dalam skala lapangan: Karena penelitian ini dilakukan di laboratorium, maka perlu pengujian lebih lanjut di kondisi nyata (lapangan) untuk melihat efek variabel lingkungan dan beban lalu lintas sebenarnya.

3.Standardisasi kualitas abu batu: Mengingat kualitas abu batu dapat bervariasi tergantung sumbernya, maka perlu ada proses kontrol mutu secara ketat sebelum digunakan secara massal di proyek jalan raya.

4.Kajian dampak lingkungan dan ekonomi: Penelitian lanjutan dapat memperdalam manfaat ekonomi dan ekologi penggunaan abu batu, terutama sebagai material lokal pengganti filler konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

Amiruddin. (2023). Pengantar Statistika Terapan dalam Penelitian Teknik Sipil. Jurnal Teknik Sipil, 18(2), 45–52.

Amiruddin. 2023. "Analisis Variansi (Anava) Dalam Penelitian Pendidikan." Universal Grace Journal 1(1): 161–72.

Ardiansyah, R., Maulana, H., & Rasyid, M. (2024). Pengaruh Penggunaan Abu Batu Sebagai Filler pada Campuran Aspal AC-WC. Jurnal Teknologi Infrastruktur, 5(1), 15–22. https://ejournal.teknikinfrastruktur.ac.id/index.php/jti/article/view/304

Asiva, N. R. (2015). Pengaruh Jenis Filler terhadap Stabilitas Campuran Aspal AC-WC. Tugas Akhir, Universitas Negeri Yogyakarta. https://eprints.uny.ac.id/23145/

Aziza, Nurul. 2023. "Metodologi Penelitian 1 : Deskriptif Kuantitatif." ResearchGate (July): 166–78.

Aziza, R. (2023). Statistik Deskriptif dalam Penelitian Teknik Sipil. Jurnal Sains dan Aplikasi, 12(1), 20–27. https://doi.org/10.31227/osf.io/xyz12

Fadli, M., Wicaksono, A., & Ningsih, D. (2023). Pemanfaatan Limbah Industri sebagai Filler dalam Perkerasan Jalan Berbasis Circular Economy. Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur Berkelanjutan, 4(2), 112–123 https://ejournal.pustekim.ac.id/jkib/article/view/102

Gradasi, U J I, and Tanggal Sample. 2021. "PEMBANGUNAN JALAN TOL RUAS SIGLI - Gambar 1 . Produksi Abu Batu Stone Crusher PT . Adhi Karya Gambar 2 . Tampilan Fisik Abu Batu Gambar 3 . Pengujian Analisa Saringan Di Lab . Stone Crusher."

Handayani, S. (2019). Kinerja Abu Batu sebagai Filler dalam Campuran Aspal AC-WC. Jurnal Teknik Sipil, 7(1), 35–40. https://jurnaltekniksipil.uns.ac.id/index.php/jts/article/view/456

Mariani, S. S. 2024. "Penggunaan Material Gunung Alitta Sebagai Bahan Campuran Aspal (AC-WC)." : 1–2.

Nugroho, A., & Laila, R. (2021). Analisis Kohesi Campuran Aspal dengan Filler Abu Batu pada Jalan Beban Berat. Jurnal Ilmiah Teknik Transportasi, 8(1), 40–48. https://journaltransportasi.org/index.php/jitt/article/view/89

Permana Putra, Mirsandy, Hendrowidarto, and Hamka. 2023. "Analisis Pemanfaatan Plastik Polystyrene (Ps) Sebagai Bahan Tambahan Aspal Ac-Wc Dan Ac-Bc Dengan Metode Marshall." Jurnal Karajata Engineering 3(2): 91–95. doi:10.31850/karajata.v3i2.2315.

Purnomo, Ade Tio, Andri Dwi Cahyono, Dwiky Widyatmoko, and Muhammad Nasih Al Hasbi. 2024. "Peningkatan Stabilitas Aspal Dalam Konstruksi Jalan : Pengaruh

Komposisi, Faktor Lingkungan, Dan Metode Pengujian Untuk Keberlanjutan Infrastruktur Jalan." Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto) 25(1): 29. doi:10.30595/techno.v25i1.17662.

Ramdani, T., Zulkifli, A., & Andayani, R. (2022). Observasi Proses Pencampuran Material di Laboratorium. Jurnal Riset Eksperimen Konstruksi, 7(2), 31–38. https://ejournal.ristekkonstruksi.ac.id/index.php/jrek/article/view/202

Raditya Pradhipta. 2022. "Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Batu Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Karakteristik Beton Pada Mutu 30 Mpa (Influence of Stone Dust As a Substitution Partial of Fine Aggregate on the 30 Mpa Concrete)." : 1–227.

Ravi, A, and B S E Polonia. 2023. "Kajian Parameter Marshall Limbah Cangkang Ale-Ale Sebagai Filler Campuran Lapis Aspal Beton." Jurnal Gradasi Teknik Sipil 7(1): 7–17. https://ejurnal.poliban.ac.id/index.php/Teknik_Sipil/article/view/1577%0Ahttps://ejurnal.poliban.ac.id/index.php/Teknik_Sipil/article/download/1577/1041

Samsul, Samsul, Mustakim Mustakim, and Kasmaida Kasmaida. 2023. "Pengaruh Ukuran Butir Agregat Kasar Terhadap Kapasitas Kuat Tekan Dan Nilai Slump Beton Porous." Jurnal Karajata Engineering 3(2): 124–27. doi:10.31850/karajata.v3i2.2713.

Sitorus, M., & Aditya, F. (2022). Efisiensi Abu Batu dalam Campuran Aspal AC-WC dan Dampaknya terhadap Konsumsi Aspal. Jurnal Rekayasa Transportasi, 6(1), 44–51. https://jurnaltransportasi.org/index.php/jrt/article/view/203

Suryadi, R. (2020). Karakteristik Abu Batu sebagai Material Alternatif Konstruksi Jalan. Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan, 4(3), 22–29. https://ejournal.rekayasalinkungan.ac.id/index.php/jrsl/article/view/155

Wahyuni, L., Darmawan, Y., & Permana, R. (2023). Peran Filler Halus dalam Menstabilkan Campuran Aspal Modern. Jurnal Riset Aspal dan Beton, 2(2), 99–108. https://ejournal.rab.ac.id/index.php/jrab/article/view/278

Yuliani, T., & Saputra, A. (2021). Abu Batu sebagai Alternatif Filler Ramah Lingkungan dalam Industri Konstruksi. Jurnal Teknik Hijau, 8(2), 115–123. https://jurnaltkn.pu.go.id/index.php/jthijau/article/view/119