

## **Penggunaan Abu Kulit Kakao Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course) Terhadap Nilai Marshall**

**Mifta Estika Rani<sup>1</sup>, Salsabilah Afilda<sup>2\*</sup>, Zainuddin<sup>3</sup>, Anggi Nidya Sari<sup>4</sup>**

Politeknik Negeri Sriwijaya

---

### **ARTICLE INFO**

#### **Kata Kunci:**

Bahan Pengisi, Abu Kulit Kakao, Pengujian Marshall

#### **\*Correspondence email:**

salsabilah1444@gmail.com

**Submitted:** 06-01-2025

**Revised:** 30-01-2025

**Accepted:** 07-02-2025

**Published:** 07-02-2025

### **ABSTRAK**

Abu batu, kapur, semen, atau bahan lainnya dapat digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) yang menambah kekuatan dan kepadatan pada campuran beton aspal. Pada penelitian ini bahan pengisi (*filler*) yang digunakan adalah abu dari limbah kulit kakao yang berasal dari para petani kakao di Belitang, Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur, Sumatera Selatan. Komponen dari tanaman kakao yang banyak dimanfaatkan adalah bijinya sedangkan kulitnya dibuang menjadi limbah sehingga perlu dikelola lebih lanjut. Abu yang berasal dari kulit kakao mengandung Karbon Silika (SiO<sub>2</sub>), bahan yang dibutuhkan untuk aspal. Dengan mencoba memanfaatkan hasil alam yang ada, abu kulit kakao sebagai bahan pengisi (*filler*) diperkirakan akan memberikan nilai kekuatan pada campuran aspal. Penelitian ini menggunakan variasi kadar aspal 5,5%, 6%, dan 6,5% dengan variasi kadar *filler* yang berbeda yaitu perbandingan antara semen (SM) dan abu kulit kakao (ABK) sebesar 6% SM : 0% ABK, 3% SM : 3% ABK, dan 0% SM : 6% ABK. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap nilai Marshall dari pergantian *filler* menggunakan abu kulit kakao dibandingkan semen. Berdasarkan hasil analisa pengujian Marshall diketahui bahwa komposisi yang memiliki nilai optimum adalah perbandingan 0% SM : 6% ABK pada kadar aspal 6,5% dengan nilai stabilitas sebesar 1759,79 kg, nilai *flow* sebesar 3,95 mm, nilai VIM sebesar 4,66%, nilai VFA sebesar 81,18%, nilai VMA sebesar 16,67%, dan Marshall Quotient sebesar 444,78 kg/mm.

---

### **ABSTRACT**

#### **Keywords:**

Filler, Cocoa Husk Ash, Marshall Test

Stone ash, lime, cement, or other materials can be used as fillers, which add strength and density to the asphalt concrete mixture (TotomiHardjo in Nawir, 2021). In this research, the filler used was ash from cocoa husk waste originating from cocoa farmers in Belitang, East Ogan Komering Ulu Regency, South Sumatra. The component of the cocoa plant that is widely used is the seed, while the husk is discarded as waste, so it needs to be managed further. Ash from cocoa husk contains carbon and silica (SiO<sub>2</sub>), ingredients needed for asphalt. By trying to utilize existing natural products, cocoa husk ash as a filler is expected to provide strength value to the asphalt mixture. This study used variations in asphalt content of 5.5%, 6%, and 6.5% with different variations in filler content, namely the ratio between cement (SM) and cocoa husk ash (ABK) of 6% SM: 0% ABK, 3% SM: 3% ABK, and 0% SM: 6% ABK. This study aims to determine the effect on the Marshall value of replacing filler with cocoa husk ash compared to cement. Based on the results of the Marshall test analysis, it is known that the filler composition that has the optimum value is a ratio of 0% SM to 6% ABK at an asphalt content of 6.5% with a stability value of 1759.79 kg, a flow value of 3.95 mm, a VIM value of 4.66%, a VFA value of 81.18%, a VMA value of 16.67%, and a Marshall Quotient of 444.78 kg/mm.

---

### **PENDAHULUAN**

Jalan merupakan suatu infrastruktur transportasi darat yang mempermudah berbagai aktivitas kehidupan menjadi lebih efektif dan efisien (Nasrulloh et al., 2024) (Ismail et al., 2022). Jalan dinyatakan terencana dengan baik apabila dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi pengguna jalan (Kusmaryono, 2021). Sifat stabilitas pada perkerasan jalan menjadi prioritas apabila akan direncanakan untuk melewati lalu lintas kendaraan berat. *Binder course* adalah beton aspal untuk lapis pengikat atau lapis antara pada perkerasan jalan yang terletak di bawah lapisan aus atau disebut *wearing course*. Meski tidak langsung terpengaruh cuaca, namun harus cukup stabil untuk menahan beban lalu lintas yang dipindahkan oleh roda kendaraan (Sukirman, 2016). Hal tersebut menunjukkan bahwa jenis beton aspal yang paling sesuai adalah yang memiliki campuran aspal yang baik terdiri dari agregat, aspal, maupun bahan pengisi (*filler*) (Fitriana Suryandari, 2022) (Nofrianto et al., 2021).

Abu batu, kapur, semen, atau bahan lainnya dapat digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) yang menambah kekuatan dan kepadatan pada campuran beton aspal (Abdullah et al., 2017). Pada penelitian ini bahan pengisi (*filler*)

yang digunakan adalah abu dari limbah kulit kakao. Limbah ini berasal dari para petani kakao di Belitang, Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur, Sumatera Selatan dengan rata-rata kepemilikan lahan seluas 400 ha atau dapat diperkirakan dengan 800 pohon kakao. Komponen dari tanaman kakao yang banyak dimanfaatkan adalah bijinya sedangkan kulitnya dibuang menjadi limbah sehingga perlu dikelola lebih lanjut. Abu yang berasal dari kulit kakao mengandung Karbon dan Silika (SiO<sub>2</sub>), bahan yang dibutuhkan untuk aspal.

Menurut Sitorus et al., 2021 menyatakan bahwa secara teori material yang mengandung Silika memiliki kemampuan untuk meningkatkan kekuatan lentur seperti yang digunakan untuk pembuatan keramik. Silika bersifat non konduktor dan tahan terhadap oksidasi maupun kerusakan akibat panas dengan baik. Dengan karakteristik tersebut penggunaan abu kulit kakao sebagai bahan pengisi (*filler*) diperkirakan akan memberikan nilai kekuatan pada campuran aspal.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dengan mencoba memanfaatkan hasil alam yang ada, limbah kulit kakao diolah menjadi abu untuk digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran aspal, dengan melihat pengaruhnya terhadap parameter *Marshall* sehingga limbah tersebut dapat digunakan dengan optimal. Hal ini dilakukan untuk mengidentifikasi pengaruh penggunaan filler abu kulit kakao pada campuran aspal AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) terhadap nilai *Marshall* dan mengetahui komposisi optimum penggunaan filler abu kulit kakao pada campuran aspal AC-BC. Sehingga diharapkan dapat menambah alternatif baru bahan pengisi pada perkerasan jalan yang ramah lingkungan dan ekonomis dengan memanfaatkan limbah kulit kakao.

## METODE

### Penelitian Terdahulu

Pertama, penelitian yang dilakukan oleh M Agusyamdhi, 2017. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk melihat pengaruh penggunaan *filler* abu tanah merah dalam campuran aspal AC-BC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan *fly ash* cokelat dapat menggantikan bahan pengisi (*filler*) yaitu memenuhi spesifikasi teknis. Pengujian untuk pemeriksaan material, pemeriksaan *filler fly ash* cokelat, analisa saringan, dan berat jenis semuanya telah memenuhi persyaratan. Sifat-sifat campuran aspal panas AC-WC yang menggunakan *fly ash* cokelat sebagai *filler*, memiliki nilai stabilitas dengan perendaman 30 menit pada suhu 60° saat menggunakan aspal standar sebesar 1306,22 kg sedangkan saat menggunakan aspal *filler fly ash* cokelat sebesar 1222,20 kg. untuk nilai *flow* dengan perendaman 30 menit pada suhu 60° saat menggunakan aspal standar sebesar 3,67 mm sedangkan saat menggunakan aspal *filler fly ash* sebesar 3,40 mm namun masih memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum 2010 Revisi III. Hal ini disebabkan karena kedua material benda uji tersebut masih terselimuti aspal dengan baik.

Kedua, penelitian oleh Hidayat & Ritonga, 2022 penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aspal murni yang telah dilakukan pengujian sifat fisik aspal serta pengaruhnya terhadap campuran aspal dan abu kulit kakao. Eksperimen merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk menilai karakteristik fisik aspal. Berdasarkan pengujian sifat fisik aspal, hasil penelitian menunjukkan bahwa aspal murni 60/70 memenuhi spesifikasi perkerasan jalan. Secara spesifik untuk penetrasi, titik lembek, daktilitas, kehilangan berat dan berat jenis semuanya memenuhi persyaratan yang ditentukan serta penambahan campuran abu kulit terhadap aspal memenuhi SNI pada setiap pengujian sifat fisik aspal dengan nilai komposisi maksimum yang memenuhi yaitu campuran abu kulit kakao 2%.

Ketiga, penelitian oleh Dwi et al., 2020 penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *filler* tanah merah terhadap karakteristik *Marshall*. Hasil penelitian ini dengan variasi 2% *filler* didapatkan stabilitas rata-rata adalah 1325 kg dan variasi 4% *filler* adalah 1365 kg. Nilai stabilitas tersebut memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi III. Kemudian pada variasi 2% *filler* tanah merah dengan variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% maka KAO yang didapatkan adalah 5,2% aspal, sedangkan untuk variasi 4% *filler* dengan variasi kadar aspal yang sama didapatkan KAO 5,3% aspal. Dari pengujian *Marshall* menunjukkan adanya penurunan nilai stabilitas pada kadar aspal 6% dengan variasi 2% *filler* dan pada kadar aspal 6,5% dengan variasi 4% *filler*. Hal tersebut menunjukkan bahwa apabila semakin bertambah persentase aspal dalam menggunakan bahan pengisi (*filler*) tanah merah maka kekuatan campuran aspal tersebut menurun.

### Abu Kulit Kakao

Tanaman kakao (*Theobroma Cacao L*) atau yang biasa disebut dengan cokelat adalah tanaman yang banyak ditemukan di daerah tropis salah satunya Indonesia (Wijaya.M & Wiharto, 2017). kakao merupakan tanaman penghasil biji yang kemudian diolah menjadi cokelat, salah satu makanan favorit di seluruh dunia. Daulay et al., 2022 menyatakan bahwasanya Silika abu kulit kakao dapat digunakan untuk berbagai aplikasi khususnya di bidang material karena memiliki kandungan Silika yang tinggi.

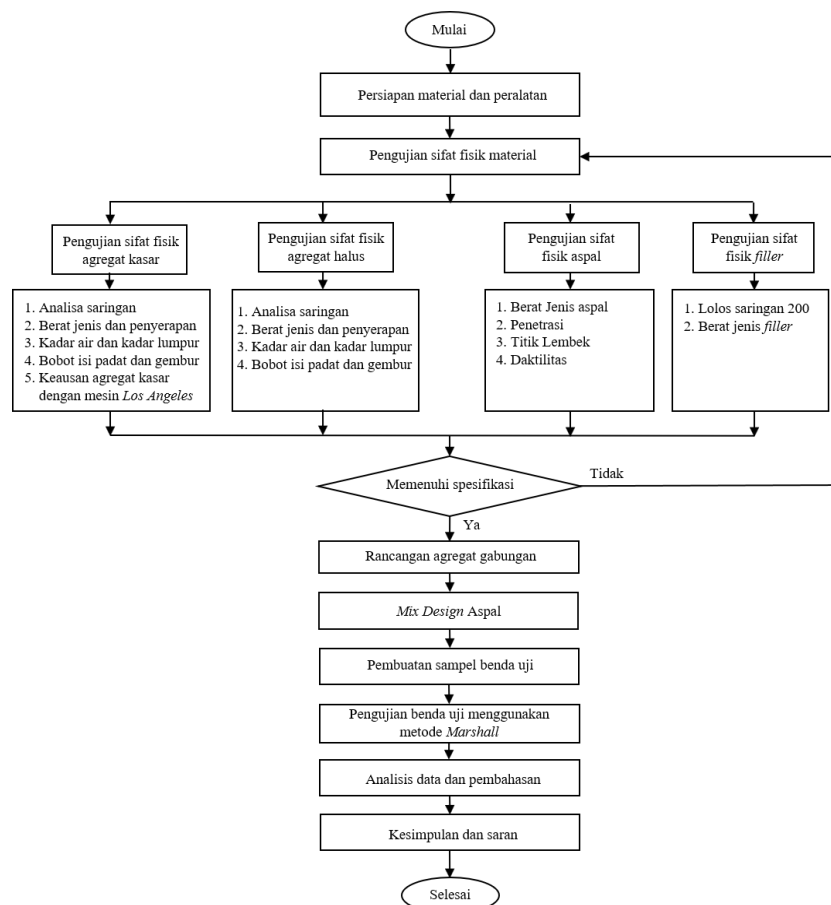


Gambar 1. Limbah kulit kakao

Abu kulit kakao juga mengandung banyak Karbon karena kulit kakao memiliki lignin sebesar 60,67%, selulosa (holoselulosa) 36,47%, dan hemiselulosa 18,90% (Wijaya et al., 2022). Berdasarkan kandungan Silika dan Karbon yang terdapat pada abu kulit kakao diperkirakan dapat meningkatkan kualitas campuran aspal serta menjadi alternatif bahan pengisi (*filler*) aspal yang ramah lingkungan dan ekonomis dengan pemanfaatan limbah kulit kakao (Gustianto et al., 2019). Abu kulit kakao diperoleh dari hasil proses pembakaran, kemudian apabila disaring lolos saringan no.200 (0,075) mm, dan dilakukan pengujian sifat fisik berupa berat jenis *filler*.

### Diagram Alir Penelitian

Di dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan dimulai dari persiapan material dan alat, pengujian sifat fisik material meliputi agregat, *filler*, dan aspal, serta pengujian *Marshall*. Pengujian terhadap agregat berupa analisa saringan, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat, kadar air dan kadar lumpur agregat, bobot isi agregat, serta pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles*. Pengujian terhadap *filler* dapat berupa material yang lolos saringan no.200 dan pemeriksaan berat jenis. Pengujian terhadap aspal yaitu berat jenis aspal, penetrasi, titik lembek, dan daktilitas, sedangkan untuk pegujian campuran menggunakan metode *Marshall*. Adapun diagram alir penelitian dari awal hingga akhir penelitian adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Sumber : Hasil Pengolahan

## HASIL

### Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

Berdasarkan data hasil pemeriksaan terhadap sifat fisik agregat kasar dan agregat halus telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Data hasil rekapitulasi pengujian sifat fisik agregat dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

**Tabel 1.** Hasil rekapitulasi pengujian sifat fisik agregat kasar

| Jenis Pengujian         | Hasil |      | Satuan             |
|-------------------------|-------|------|--------------------|
|                         | 1/2   | 1/1  |                    |
| Analisa Saringan        | 8,04  | 6,23 | -                  |
| Berat Jenis <i>Bulk</i> | 2,51  | 2,30 | -                  |
| Berat Jenis SSD         | 2,56  | 2,41 | -                  |
| Berat Jenis Semu        | 2,65  | 2,59 | -                  |
| Berat Jenis Efektif     | 2,58  | 2,45 | -                  |
| Penyerapan              | 2,25  | 4,92 | %                  |
| Kadar Air               | 2,07  | 1,45 | %                  |
| Kadar Lumpur            | 1,97  | 2,78 | %                  |
| Bobot Isi Gembur        | 1,25  | 1,26 | gr/cm <sup>3</sup> |
| Bobot Isi Padat         | 1,36  | 1,39 | gr/cm <sup>3</sup> |
| Keausan Agregat         | 22,61 |      | %                  |

Sumber: Data pengujian (2024)

**Tabel 2.** Hasil rekapitulasi pengujian sifat fisik agregat halus

| Jenis Pengujian         | Hasil | Satuan             |
|-------------------------|-------|--------------------|
| Analisa Saringan        | 3,48  | -                  |
| Berat Jenis <i>Bulk</i> | 2,51  | -                  |
| Berat Jenis SSD         | 2,52  | -                  |
| Berat Jenis Semu        | 2,53  | -                  |
| Berat Jenis Efektif     | 2,52  | -                  |
| Penyerapan              | 0,40  | %                  |
| Kadar Air               | 1,17  | %                  |
| Kadar Lumpur            | 5,85  | %                  |
| Bobot Isi Gembur        | 1,26  | gr/cm <sup>3</sup> |
| Bobot Isi Padat         | 1,40  | gr/cm <sup>3</sup> |

Sumber: Data pengujian (2024)

### Hasil Pengujian Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) yang digunakan pada penelitian ini berupa semen dan abu dari kulit kakao. Adapun pengujian yang dilakukan berupa pengujian berat jenis *filler* telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Data hasil rekapitulasi pengujian berat jenis *filler* dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

**Tabel 3.** Hasil rekapitulasi pengujian berat jenis *filler*

| Jenis Pengujian             | Hasil | Satuan |
|-----------------------------|-------|--------|
| Berat Jenis Semen           | 3,06  | gr/ml  |
| Berat Jenis Abu Kulit Kakao | 2,69  | gr/ml  |

Sumber: Data pengujian (2024)

### Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal

Berdasarkan data hasil pemeriksaan terhadap sifat fisik aspal telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Data hasil rekapitulasi pengujian sifat fisik aspal dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

**Tabel 4.** Hasil rekapitulasi pengujian sifat fisik aspal

| Jenis Pengujian   | Hasil | Satuan |
|-------------------|-------|--------|
| Berat Jenis Aspal | 1,04  | -      |
| Titik Lembek      | 49    | °C     |
| Penetrasi         | 69,5  | mm     |
| Daktilitas        | 116,5 | cm     |

Sumber: Data pengujian (2024)

### Hasil Pengujian Benda Uji dengan Alat Marshall

Berdasarkan pengujian Marshall diperoleh nilai parameter Marshall yang meliputi nilai stabilitas, flow (kelelehan), rongga udara didalam campuran (VIM), rongga terisi aspal (VFA), rongga udara didalam agregat (VMA), dan Marshall Quotient (MQ). Berikut ini hasil rekapitulasi pengujian Marshall berdasarkan parameternya.

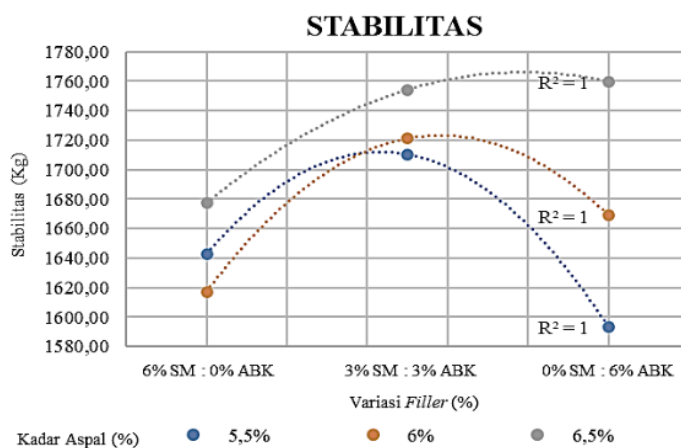
**Tabel 5.** Hasil rekapitulasi pengujian Marshall dengan variasi filler SM:ABK

| Parameter Marshall        | Kadar Aspal (%) | Variasi Filler (%) |                |                | Spesifikasi |
|---------------------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|-------------|
|                           |                 | 6% SM : 0% ABK     | 3% SM : 3% ABK | 0% SM : 6% ABK |             |
| Stabilitas (kg)           | 5,5             | 1642,80            | 1710,45        | 1593,37        | Min. 1000   |
|                           | 6               | 1617,35            | 1721,21        | 1668,98        |             |
|                           | 6,5             | 1677,46            | 1754,29        | 1759,79        |             |
| Flow (mm)                 | 5,5             | 3,87               | 3,87           | 3,88           | 2 – 4       |
|                           | 6               | 3,90               | 3,91           | 3,92           |             |
|                           | 6,5             | 3,90               | 3,93           | 3,95           |             |
| VIM (%)                   | 5,5             | 4,87               | 4,94           | 4,92           | 3 - 5       |
|                           | 6               | 4,74               | 4,73           | 4,79           |             |
|                           | 6,5             | 4,59               | 4,62           | 4,66           |             |
| VFA (%)                   | 5,5             | 77,70              | 77,31          | 77,43          | Min. 65     |
|                           | 6               | 80,63              | 80,82          | 80,46          |             |
|                           | 6,5             | 81,15              | 81,38          | 81,18          |             |
| VMA (%)                   | 5,5             | 15,07              | 15,10          | 15,08          | Min. 15     |
|                           | 6               | 15,66              | 15,65          | 15,71          |             |
|                           | 6,5             | 16,62              | 16,31          | 16,67          |             |
| Marshall Quotient (kg/mm) | 5,5             | 424,49             | 441,65         | 422,56         | Min. 250    |
|                           | 6               | 413,99             | 440,59         | 425,39         |             |
|                           | 6,5             | 430,13             | 446,38         | 444,78         |             |

Sumber: Data pengujian (2024)

### Pembahasan

#### Analisa Hasil Pengujian Marshall Terhadap Stabilitas



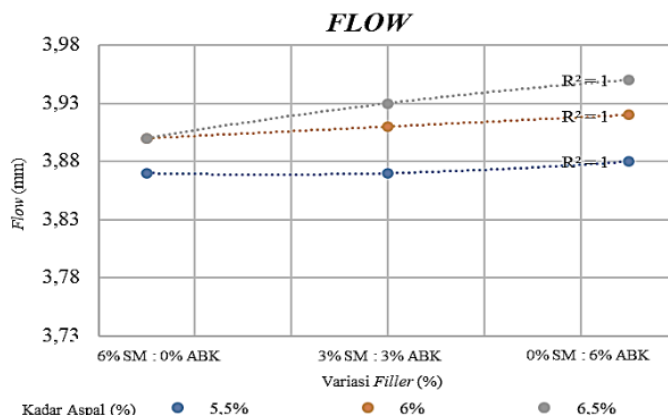
**Gambar 3.** Grafik hubungan variasi filler

Sumber: Data pengujian (2024)

Berdasarkan Gambar 3 didapatkan tiga persamaan regresi nilai stabilitas dan diperoleh nilai korelasi  $R^2 = 1$  yang dapat dilihat lebih lanjut pada lampiran II, artinya hubungan antara variasi kadar filler dengan nilai korelasi stabilitas memiliki hubungan yang positif dan kuat. Dari gambar grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai stabilitas meningkat hingga perbandingan sebesar 3% SM : 3% ABK dan menurun pada perbandingan sebesar 0% SM : 6% ABK dengan kadar aspal 5,5% dan 6%. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu bentuk butiran, tekstur permukaan, gradasi, kadar aspal, suhu, maupun faktor pemadatan. Pada perbandingan sebesar 3% SM : 3% ABK dan 0% SM : 6% ABK nilai stabilitas meningkat dengan kadar aspal 6,5%. Hal ini dikarenakan pada penambahan filler abu kulit kakao dapat memberikan daya ikat yang kuat sehingga mampu mengikat partikel di dalam campuran. Semakin tinggi variasi kadar filler yang digunakan maka campuran akan semakin stabil, sehingga tercapai

nilai optimum pada campuran aspal, jika penambahan variasi kadar *filler* melampaui nilai kadar *filler* optimum akan berakibat nilai stabilitas semakin menurun dan dapat terjadi *bleeding*.

### Analisa Hasil Pengujian Marshall Terhadap Flow

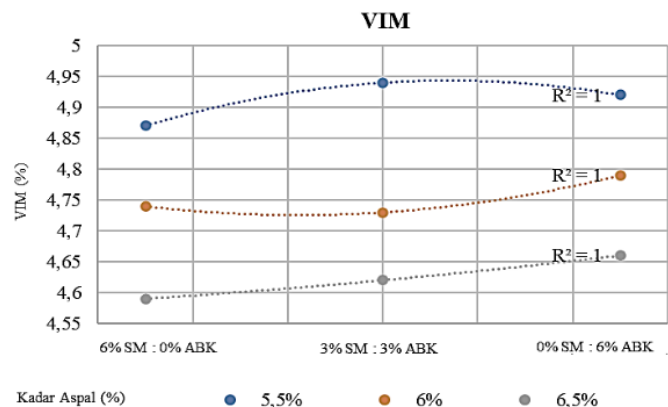


Gambar 4. Grafik hubungan variasi *filler*

Sumber: Data pengujian (2024)

Berdasarkan Gambar 4 didapatkan tiga persamaan regresi nilai *flow* dan diperoleh nilai korelasi  $R^2 = 1$  yang dapat dilihat lebih lanjut pada lampiran II, artinya hubungan antara variasi kadar *filler* dengan nilai korelasi *flow* memiliki hubungan yang positif dan kuat. Pada gambar grafik tersebut dapat diketahui bahwa penambahan abu kulit kakao terhadap campuran aspal mengakibatkan nilai *flow* mengalami kenaikan hingga perbandingan sebesar 0% SM : 6% ABK. Kenaikan nilai *flow* ini disebabkan karena dengan penambahan kadar aspal pada campuran. Semakin tinggi nilai *flow*, menunjukkan campuran aspal bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk akibat beban lalu lintas, apabila nilai *flow* rendah maka campuran aspal akan bersifat kaku.

### Analisa Hasil Pengujian Marshall Terhadap VIM



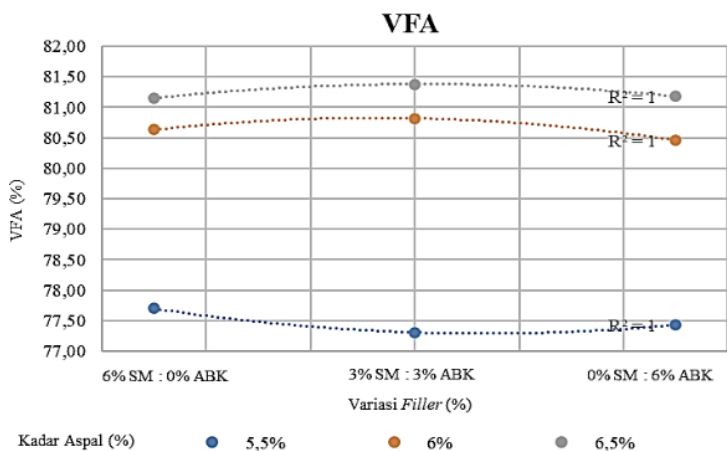
Gambar 5. Grafik hubungan variasi *filler*

Sumber: Data pengujian (2024)

Berdasarkan Gambar 5 didapatkan tiga persamaan regresi nilai VIM dan diperoleh nilai korelasi  $R^2 = 1$  yang dapat dilihat lebih lanjut pada lampiran II, artinya hubungan antara variasi kadar *filler* dengan nilai korelasi VIM memiliki hubungan yang positif dan kuat. Pada gambar grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai VIM mengalami peningkatan hingga perbandingan sebesar 3% SM : 3% ABK dan mengalami penurunan pada perbandingan sebesar 0% SM : 6% ABK dengan kadar aspal 5,5%, pada perbandingan sebesar 3% SM : 3% ABK nilai VIM mengalami penurunan dan mengalami peningkatan pada perbandingan sebesar 0% SM : 6% ABK dengan kadar aspal 6%. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya bentuk butiran, tekstur permukaan, gradasi, kadar aspal, suhu, maupun faktor pemadatan, sedangkan pada setiap variasi *filler* nilai VIM mengalami peningkatan dengan penambahan kadar aspal 6,5%. Semakin meningkatnya nilai VIM akan menghasilkan rongga yang banyak dalam campuran aspal

dengan demikian mengakibatkan penurunan yang lebih cepat dan tidak mampu menerima beban berulang sehingga akan terjadi alur dan retak.

**Analisa Hasil Pengujian Marshall Terhadap VFA**

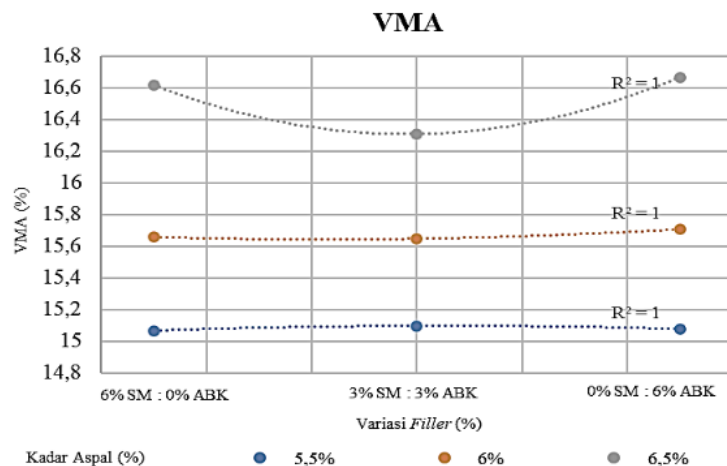


**Gambar 6.** Grafik hubungan variasi filler

Sumber: Data pengujian (2024)

Berdasarkan Gambar 6 didapatkan tiga persamaan regresi nilai VFA dan diperoleh nilai korelasi  $R^2 = 1$  yang dapat dilihat lebih lanjut pada lampiran II, artinya hubungan antara variasi kadar filler dengan nilai korelasi VFA memiliki hubungan yang positif dan kuat. Pada gambar grafik tersebut menunjukkan bahwa dengan penambahan abu kulit kakao terhadap campuran aspal mengakibatkan nilai VFA pada awalnya mengalami peningkatan pada perbandingan sebesar 6% SM : 0% ABK lalu mengalami penurunan pada perbandingan sebesar 3% SM : 3% ABK dan mengalami peningkatan kembali pada perbandingan sebesar 0% SM : 6% ABK dengan kadar aspal 5,5%. Pada perbandingan sebesar 3% SM : 3% ABK mengalami peningkatan dan mengalami penurunan pada perbandingan sebesar 0% SM : 6% ABK dengan penggunaan kadar aspal 6% dan 6,5%. Nilai VFA yang terlalu tinggi mengakibatkan terjadinya *bleeding* pada saat temperatur tinggi, sehingga apabila menerima beban maka aspal akan naik ke permukaan, apabila VFA terlalu rendah mengakibatkan kedekatan campuran perkerasan semakin kecil dan aspal dalam campuran mudah teroksidasi dengan udara serta keawetan campuran berkurang.

**Analisa Hasil Pengujian Marshall Terhadap VMA**



**Gambar 7.** Grafik hubungan variasi filler

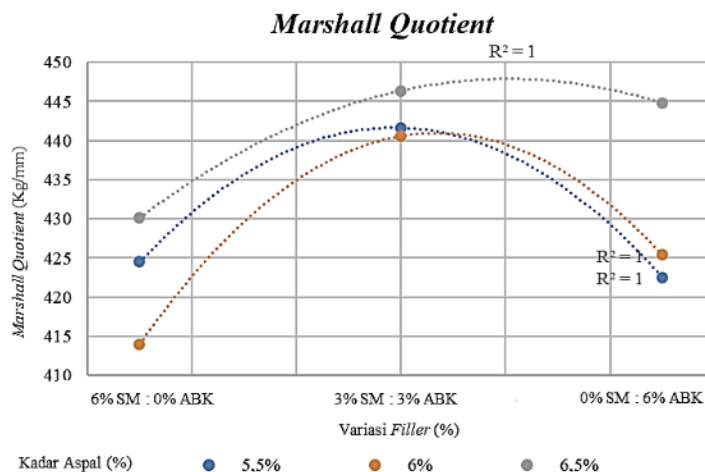
Sumber: Data pengujian (2024)

Berdasarkan Gambar 7 didapatkan tiga persamaan regresi nilai VMA dan diperoleh nilai korelasi  $R^2 = 1$  yang dapat dilihat lebih lanjut pada lampiran II, artinya hubungan antara variasi kadar filler dengan nilai korelasi VMA memiliki hubungan yang positif dan kuat. Pada gambar grafik tersebut menunjukkan bahwa penambahan abu kulit kakao terhadap campuran aspal mengakibatkan nilai VMA mengalami peningkatan pada perbandingan sebesar 3% SM : 3% ABK dan mengalami penurunan pada perbandingan sebesar 0% SM : 6% ABK dengan kadar aspal 5,5%.



Pada perbandingan sebesar 3% SM : 3% ABK mengalami penurunan dan mengalami peningkatan pada perbandingan sebesar 0% SM : 6% ABK dengan kadar aspal 6% dan 6,5%. Semakin bertambahnya komposisi abu kulit kakao maka nilai VMA semakin tinggi. Hal ini menyebabkan kerapatan campuran meningkat karena rongga antar agregat lebih kecil sehingga pengikatan agregat oleh aspal menjadi lebih baik.

**Analisa Hasil Pengujian Marshall Terhadap Marshall Quotient**



**Gambar 8.** Grafik hubungan variasi filler

Sumber: Data pengujian (2024)

Berdasarkan Gambar 8 didapatkan tiga persamaan regresi nilai *Marshall Quotient* dan diperoleh nilai korelasi  $R^2 = 1$  yang dapat dilihat lebih lanjut pada lampiran II, artinya hubungan antara variasi kadar filler dengan nilai korelasi *Marshall Quotient* memiliki hubungan yang positif dan kuat. Pada gambar grafik tersebut menunjukkan bahwa penambahan abu kulit kakao terhadap campuran aspal mengakibatkan nilai *Marshall Quotient* mengalami peningkatan pada perbandingan 3% SM : 3% ABK dan mengalami penurunan di perbandingan 0% SM : 6% ABK, penambahan komposisi abu kulit kakao justru dapat menurunkan nilai MQ campuran. Nilai *Marshall Quotient* yang tinggi menyebabkan tingginya kekakuan suatu campuran, namun semakin kecil nilai *Marshall Quotient* mengakibatkan campuran aspal semakin lentur.

Berdasarkan analisa data yang telah dilakukan, maka hasil pengujian *Marshall* dari pergantian filler menggunakan abu kulit kakao dibandingkan semen pada campuran aspal diperoleh nilai parameter *Marshall* yang optimum terdapat pada tabel sebagai berikut.

**Tabel 6.** Nilai parameter *Marshall* optimum dengan kadar aspal 6,5%

| Parameter <i>Marshall</i> | Satuan | Variasi Filler (%) | Spesifikasi |
|---------------------------|--------|--------------------|-------------|
|                           |        | 0% SM : 6% ABK     |             |
| Stabilitas                | Kg     | 1759,79            | Min. 1000   |
| Flow                      | mm     | 3,95               | 2-4         |
| VIM                       | %      | 4,66               | 3-5         |
| VFA                       | %      | 81,18              | Min. 65     |
| VMA                       | %      | 16,67              | Min. 15     |
| <i>Marshall Quotient</i>  | Kg/mm  | 444,78             | Min. 250    |

Sumber: Data pengujian (2024)

Berdasarkan hasil analisa pengujian yang dilakukan bahwa variasi filler yang memiliki nilai paling optimum berada pada perbandingan sebesar 0% SM : 6% ABK dengan kadar aspal 6,5% yaitu nilai stabilitas sebesar 1759,79 kg, nilai flow sebesar 3,95 mm, nilai VIM sebesar 4,66%, nilai VFA sebesar 81,18%, nilai VMA sebesar 16,67%, dan *Marshall Quotient* sebesar 444,78 kg/mm. Semua nilai karakteristik *Marshall* tersebut telah memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

**SIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data yang telah dilakukan pada penelitian “Pengaruh Penggunaan Abu Kulit Kakao Sebagai Filler Pada Campuran Aspal AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) Terhadap Nilai *Marshall*”, maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian *Marshall* dengan penggunaan filler abu kulit telah



memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, seluruh variasi memenuhi standar spesifikasi yaitu pada nilai stabilitas minimum 1000 kg, pada nilai *flow* yaitu 2-4 mm, pada nilai VIM yaitu 3% - 5%, pada nilai VFA minimum 65%, pada nilai VMA minimum 15%, dan nilai *Marshall Quotient* minimum yaitu 250 kg/mm.

Pada campuran *filler* abu kulit kakao dengan aspal mempunyai nilai yang optimum dan memenuhi seluruh standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu komposisi perbandingan sebesar 0% SM : 6% ABK pada kadar aspal 6,5% dengan nilai stabilitas sebesar 1759,79 kg, nilai *flow* sebesar 3,95 mm, nilai VIM sebesar 4,66%, nilai VFA sebesar 81,18%, nilai VMA sebesar 16,67%, dan *Marshall Quotient* sebesar 444,78 kg/mm. Semua nilai karakteristik *Marshall* tersebut telah memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Z. Z., Wesli, W., & Akbar, S. J. (2017). Penggunaan Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton Ac-Bc. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 121.
- Daulay, A. H., Masthura, & Pratiwi, A. (2022). Analisis Pengaruh Variasi Suhu Pembakaran Terhadap Mikrostruktur Dan Kandungan Silika Abu Kulit Kakao (Theobroma Cacao) Dengan Metode SEM Dan XRD. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, 9(2), 89–98.
- Dwi, E., Bancin, L., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., & Area, U. M. (2020). Pengaruh Penggunaan Tanah Merah. Fitriana Suryandari, I. S. (2022). Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kaca Sebagai Filler Material Pengisi Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (Ac-Wc). *AGREGAT Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 718–723.
- Gustianto, A., Amiwarti, & Rustam, R. K. (2019). Pengaruh Penambahan Abu Ampas Kulit Kakao Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung Lunak. *Jurnal Deformasi*, 10(10), 69–75.
- Hidayat, M. N., & Ritonga, W. (2022). Pengaruh Campuran Abu Kulit Kakaoterhadap Karakteristik Aspal. *Einstein*, 10(2), 42.
- Ismail, A., Das, A. M., & Setiawan, A. (2022). Analisa Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) pada Ruas Jalan Simpang Puduk – Suak Kandis Kabupaten Muaro Jambi. *Jurnal Talenta Sipil*, 5(2), 284.
- Kusmaryono, I. (2021). *Buku Ajar Rekayasa Jalan Raya 1*.
- M Agusyamdhi, S. (2017). *PENGGUNAAN FLY ASH COKLAT SEBAGAI PENGGANTI FILLER PADA LAPISAN ASPAL AC-WC*.
- Nasrulloh, M., Sholichin, I., & Fatikasari, A. D. (2024). Analisis Pengaruh Serbuk Besi Sebagai Substitusi Agregat Halus pada Lataston Lapis Aus (HRS-WC) Terhadap Kinerja Jalan Beraspal. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(2), 715–724.
- Nofrianto, H., Wahab, W., Syofian, N., & Wardi, S. (2021). Kajian Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Panas Aspal Agregat (AC-BC). *Menara Ilmu*, XV(01), 56–66.
- Sitorus, F. J. P., Subagio, G. W., & Putrianti, P. R. (2021). Karakteristik Modulus Resilien Pada Campuran Aspal Menggunakan Agregat Batok Kelapa. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 07, 71–75.
- Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. In *Institut Teknologi Nasional*.
- Wijaya, M., M., & Wiharto, M. (2017). Characterization of Cacao Fruit Skin for Active Carbon and Green Chemicals. *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, 2(1), 66.
- Wijaya, M., Wiharto, M., Fadilah, R., & Jumardi. (2022). *Kakao dan Limbah Biomassa: Mengenal Teknologi Pirolisis Biomassa*.