

# ANALISIS PENGARUH KOMBINASI ABU KULIT KOPI DAN LIMESTONE SEBAGAI FILLER TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPAL (AC-WC)

Trio Nur Wahyudi<sup>1</sup>, Anang Bakhtiar<sup>2</sup>, Ita Suhermin Ingsih<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang  
e-mail : [21801051011@unisma.ac.id](mailto:21801051011@unisma.ac.id)

<sup>2</sup>Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang  
e-mail : [anang.bakhtiar@unisma.ac.id](mailto:anang.bakhtiar@unisma.ac.id)

<sup>3</sup>Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang  
e-mail : [ita.suhermin@unisma.ac.id](mailto:ita.suhermin@unisma.ac.id)

## ABSTRACT

Fillers play an important role in asphalt mixtures by filling the voids between aggregates, increasing the density of the mixture, and influencing Marshall characteristics such as stability, VIM, VMA, and VFB. Therefore, the proper selection of filler material is essential in determining the quality of the Marshall mixture. This study aims to analyze the Marshall characteristics of asphalt mixtures using a combination of coffee husk ash and limestone as filler materials. The filler ratios used in this study were 15% coffee husk ash : 85% limestone and 25% coffee husk ash : 75% limestone. The testing was conducted using the Marshall method in accordance with the specifications of the Bina Marga 2018. The results indicate that the filler ratio closest to the optimum condition was the combination of 15% coffee husk ash and 85% limestone. The test results showed a stability value of 1202.91 kg, a flow value of 2.93 mm, a VIM value of 3.17% at the 15%:85% ratio, a VMA value of 14.79%, a VFB value of 74.39%, and a Marshall Quotient value of 410.14 kg/mm<sup>3</sup>. Although most Marshall parameters met the required specifications, the VMA parameter with a value of 14.79% did not meet the minimum specification requirement of 15%. The VMA value, which is below the required standard, indicates that the use of a combination of coffee husk ash and limestone has not fully satisfied the requirements to be used as filler in asphalt mixtures based on the Bina Marga 2018 specifications.

**Keywords:** *Coffe husk ash, filler, Road, asphalt, Limestone*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan salah satu factor penting dalam menunjang Pembangunan ekonomi dan sosial suatu daerah. Jalan raya sebagai prasarana transportasi memegang peranan besar dalam memperlancar mobilitas Masyarakat, distribusi barang, dan pelayanan jasa. Oleh karena itu, pambangunan jalan yang berkualitas sangat diperlukan untuk mendukung kelancaran arus lalu lintas. Namun, banyak jalan mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencananya. Kerusakan tersebut disebabkan oleh beban lalu lintas yang melebihi kapasitas, genangan air, serta mutu material perkerasan yang kurang baik.

Kerusakan yang umum terjadi antara lain retak, lubang, deformasi, dan permukaan bergelombang. Salah satu factor penting yang memengaruhi mutu perkerasan adalah kualitas campuran aspal, khususnya material pengisi (Filler) yang digunakan. Abu kulit kopi sebagai filler pada campuran aspal AC-WC diuji pada variasi proporsi 25%, 35%, 45%, dan 55% dari berat filler. Hasilnya menunjukkan bahwa pada proporsi 25%, campuran memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, tetapi pada proporsi yang lebih tinggi, nilai Void in The Mix (VIM) meningkat melebihi batas yang di isyaratkan. VIM yang terlalu tinggi menunjukkan rongga udara berlebihan, yang dapat menurunkan daya tahan terhadap air, mempercepat

oksidasi, dan memperpendek umur perkerasan[7].

Di sisi lain, limestone merupakan filler yang umum digunakan karena sifatnya yang padat, stabil, dan kandungan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang tinggi. Menurut penelitian Desi Widianty (2022) kombinasi filler limestone dan abu batu menunjukkan bahwa jika proporsi limestone melebihi 50%, nilai VIM dan VMA mengalami penurunan, sedangkan VFB meningkat[9]. Dari kedua hasil penelitian tersebut terlihat bahwa abu kulit kopi cenderung meningkatkan VIM, sedangkan limestone cenderung menurunkannya jika proporsinya terlalu besar. Oleh karena itu, kombinasi kedua material ini diduga dapat saling mengimbangi dan menghasilkan campuran dengan karakteristik Marshall dengan spesifikasi Bina Marga 2018 yang memenuhi syarat.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa nilai karakteristik Marshall pada campuran AC-WC yang menggunakan kombinasi filler abu kulit kopi dan limestone yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018?
2. Berapa proporsi kombinasi filler limestone dan abu kulit kopi pada karakteristik marshall yang paling optimal?
3. Apakah kombinasi abu kulit kopi dan limestone dapat digunakan sebagai filler yang memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018?

## 1.3 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh kombinasi filler abu kulit kopi terhadap limestone pada campuran aspal AC-WC.
2. Mengetahui nilai karakteristik Marshall yang menggunakan kombinasi Filler abu kulit kopi terhadap limestone pada lapisan aspal AC-WC.
3. Mengetahui kekurangan dan kelebihan penggunaan kombinasi filler abu kulit kopi terhadap limestone pada campuran aspal AC-WC.

## 1.4 Lingkup Pembahasan

Adapun lingkup pembahasan penelitian sebagai berikut :

1. Studi Pendahuluan
2. Persiapan alat dan bahan uji (Agregat, Filler, aspal)
  - a) Pemeriksaan Berat jenis
  - b) Pengelolaan Bahan
  - c) Pemeriksaan
3. Analisa Syarat Bina Marga 2018
4. Perkiraan Kadar Aspal Rancangan
5. Design Mix Formula Berdasarkan Bina Marga 2018
6. Pembuatan Benda Uji
7. Tes Marshall

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Aspal adalah suatu bitumen yang memiliki warna hitam atau coklat tua. Pada temperatur ruang aspal memiliki bentuk padat hingga agak padat, saat dibakar dan dipanaskan sampai temperatur yang cukup aspal dapat menjadi lunak dan mencair dan dapat membungkus butiran agregat saat proses pembuatan campuran aspal beton dan dapat memasuki pori-pori pada perkerasan jalan [1]. Aspal terbuat dari minyak mentah (Crude Oil) dan secara umum berasal dari fosil organisme laut dan tumbuhan yang tertimbun. Setelah jutaan tahun terakumulasi material organis dan lumpuri dalam lapisan-lapisan sedalam ratusan meter, beban dari atas menekan ke lapisan terbawah yang akan menjadi batuan sedimen. Batuan sedimen yang tertekan dengan waktu jutaan tahun akan menjadi minyak mentah dengan senyawa dasar hydrocarbon. Aspal biasanya dihasilkan dari penyulingan minyak mentah [2]

### 2.2 Sifat – Sifat Aspal

Aspal sebagai bahan pengikat biasanya dinilai dari sifat-sifat fisiknya. Karakteristik ini secara langsung menunjukkan bagaimana peran aspal dalam mempengaruhi kualitas perkerasan pada campuran aspal panas. Selain itu, sifat fisik aspal juga dapat dilihat dari tingkat keawetannya, terutama pada seberapa lama aspal dapat bertahan dan berfungsi dengan baik selama masa pakai.

### 2.3 Lapisan Aspal Beton (LASTON)

Lapis aspal beton merupakan salah satu lapisan dalam konstruksi jalan raya yang

tersusun dari campuran aspal keras dan agregat bergradasi menerus, yang diproses dengan cara dicampur, diamparkan, dan dipadatkan dalam kondisi panas pada suhu yang diinginkan. Agregat yang digunakan meliputi agregat kasar, agregat halus, serta filler. Sementara itu, aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat pada lapis aspal beton harus berasal dari jenis aspal keras yang memiliki tingkat penetrasi 40/50, 60/70, atau 80/100, tidak mengandung air, tidak berbusa saat dipanaskan hingga suhu 175°C, serta memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Pembuatan lapis aspal beton (Laston) bertujuan untuk menghasilkan lapisan permukaan atau lapis antara (binder) pada perkerasan jalan yang mampu memberikan kontribusi terhadap daya dukung secara terukur, dan juga berfungsi sebagai lapisan kedap air yang melindungi struktur di bawahnya[3].

#### 2.4 Agregat

Agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, dan batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat (SNI 03- 1737-1989). Sifat agregat bukan hanya mempengaruhi sifat struktur, akan tetapi juga mempengaruhi ketahanan (durability), daya tahan terhadap kemunduran mutu akibat siklus dari pembekuan-pencairan. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa struktur dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran lebih kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat berukuran besar.

#### 2.5 Bahan Pengisi (Filler)

Filler diartikan sebagai suatu material yang digunakan sebagai bahan pengisi lapisan aspal yang lolos ayakan No.200 (75micron) dantidak kurang dari 75% terhadap total beratnya, Filler berfungsi untuk mengisi rongga menjadi lebih kecil. Komposisi filler dapat meningkatkan nilai stabilitas akan tetapi tetap harus dibatasi agar tidak rapuh dan menimbulkan retak saat menerima beban lalu lintas seperti kendaraan diatas permukaan perkerasan jalan.

Menurut spesifikasi Bina Marga 2018, bahan pengisi (Filler) adalah:

1. Bahan pengisi tambahan (filler added) yang digunakan dapat berupa debu batu kapur (limestone dust), debu kapur padam, debu kapur magnesium, dolomit, maupun semen[6].
2. Bahan pengisi tambahan harus dalam kondisi kering dan tidak mengandung gumpalan, serta memenuhi ketentuan SNI ASTM C136:2012, yaitu memiliki butiran yang lolos saringan saringan No.200 minimal sebesar 75% dari berat totalnya[6].
3. Bahan pengisi tambahan (filler added) berupa semen digunakan dalam kisaran 1%-2% dari total agregat, sedangkan untuk jenis bahan pengisi lainnya berada dalam rentang 1%-3% terhadap total agregat[6].

##### 2.5.1 Abu Kulit Kopi

Abu kulit kopi adalah abu dari limbah kulit kopi yang melalui proses pembakaran. Menurut (Guntaro et al, 2016) Kulit kopi merupakan limbah dari pengolahan biji kopi. Limbah pengolahan biji kopi antara lain kulit daging buah memiliki proporsi 48% dari berat buah kopi gelondongan basah. Kulit kopi akan melalui proses pembakaran, kemudian kulit kopi akan berubah bentuk menjadi abu kulit kopi. Senyawa kimia yang terkandung dalam limbah abu kulit kopi mengandung komposisi yang hampir memiliki kemiripan dengan senyawa kimia yang terdapat dalam semen, yaitu kandungan CaO sebesar 39,4% dan SiO<sub>2</sub> sebesar 0,6%.

Abu kulit kopi adalah limbah industri pangan yang dihasilkan dari pembakaran kulit kopi. Dari proses pembakaran abu kulit kopi mengandung unsur silika yang sangat tinggi yaitu 21-22%. Silika yang teroksidasi secara termal akan berbentuk silika amorf. Reaktivitas antara silika dalam abu kulit kopi dengan kalsium hidroksida dalam semen.

##### 2.5.2 Limestone

Limestone merupakan salah satu jenis batuan sedimen yang tersusun atas mineral kalsit dan dolomit, yang keduanya merupakan bentuk lain dari CaCO<sub>3</sub> (kalsium karbonat) (USGS, 2012). Batuan ini umumnya mengandung sekitar 50% kalsium karbonat dalam bentuk mineral kalsit. Sebagian besar limestone diolah menjadi batu pecah yang

dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi, seperti yang digunakan pada landasan rel kereta api maupun lapis pondasi bawah (LPB) pada jalan raya. Berapa jenis limestone banyak dipilih karena memiliki sifat kuat dan padat, meskipun tetap memiliki sejumlah pori atau rongga. Karakteristik fisik ini membuat limestone tetap kokoh meskipun mengalami proses abrasi. Dalam bentuk butiran halus, limestone atau batu gamping juga diharapkan dapat meningkatkan viskositas campuran, sehingga daya ikat antar agregat dalam campuran menjadi lebih baik[9]

## 2.6 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara massa suatu bahan dalam volume tertentu dengan massa air yang memiliki volume yang sama pada suhu 20°–25°C (68°–77°F). Terdapat beberapa berat jenis, yaitu:

1. Berat jenis curah adalah perbandingan antara berat per satuan volume agregat (termasuk rongga yang terdapat di dalam butir partikel, namun tidak mencakup rongga di antara butiran) terhadap beratnya di udara dan didalam air suling bebas gelembung, pada volume dan temperatur yang serupa[11]
2. Berat jenis jenuh kering permukaan adalah perbandingan antara berat per satuan volume agregat (termasuk air yang berada didalam rongga akibat perendaman, namun tidak mencakup rongga di antara butiran partikel) terhadap beratnya di udara dan dalam air suling bebas gelembung, pada volume dan temperatur yang serupa[11].
3. Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat per satuan volume pada bagian agregat yang bersifat kedap air (impermeabel) dengan beratnya di udara dan dalam air suling bebas gelembung pada volume serta temperatur yang sama. Penyerapan air merupakan peningkatan berat agregat akibat masuknya air ke dalam pori-pori, namun tidak termasuk air yang tertahan di permukaan luar partikel, dan biasanya dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya [11].
4. Penyerapan air adalah bertambahnya berat agregat akibat air yang masuk ke dalam

pori-pori, namun tidak mencakup air yang tertahan di permukaan luar partikel, dan biasanya dinyatakan sebagai persentase terhadap berat keringnya[11].

## 2.7 Pengujian Marshall

Metode pengujian Marshall adalah metode yang paling sering digunakan dan telah distandarkan dalam pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk jalan raya (SNI 03-3425-1994). Perancangan campuran dengan metode Marshall pertama kali dikembangkan oleh Bruce Marshall, kemudian distandarisasi oleh ASTM dan AASHTO dengan beberapa penyesuaian (ASTM D 1559-76) (AASHTO T245-90).

Menurut SNI 06-2489-1991, metode pengujian campuran aspal dengan alat Marshall digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan pengujian campuran aspal menggunakan alat tersebut. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh campuran aspal yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan dalam kriteria perencanaan. Pengujian Marshall yang umum dilakukan untuk menilai kinerja aspal beton biasanya mencakup pengukuran stabilitas dan kelelahan (flow) dengan ukuran agregat maksimum 2,54 cm, sedangkan parameter lainnya diperoleh melalui proses penimbangan benda uji [4]

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Daerah Studi

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Perkerasan Jalan Raya, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Malang yang berlokasi di jalan Mayjen Haryono, Dinoyo, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang.

### 3.2 Tahapan Evaluasi

Langkah – langkah yang ditempuh dalam mengerjakan penelitian ini adalah :

1. Studi Pendahuluan
2. Persiapan alat dan bahan uji (Agregat, Filler, aspal)
3. Pemeriksaan Berat jenis
4. Pengelolaan Bahan
5. Pemeriksaan
6. Analisa Syarat Bina Marga 2018
7. Perkiraan Kadar Aspal Rancangan
8. Design Mix Formula Berdasarkan Bina

9. Pembuatan Benda Uji  
10. Tes Marshal

```

graph TD
    Mulai([Mulai]) --> StudiPendahuluan[Studi Pendahuluan]
    StudiPendahuluan --> IdentifikasiMasalah[Identifikasi Masalah]
    IdentifikasiMasalah --> PersiapanAlatBahan[Persiapan alat dan bahan]
    PersiapanAlatBahan --> PengujianBahan[Pengujian Bahan]
    PengujianBahan --> Agregat[Agregat]
    PengujianBahan --> Filler[Filler]
    PengujianBahan --> Aspal[Aspal]
    Agregat --> AgregatKasar[Agregat Kasar]
    Agregat --> AgregatHalus[Agregat Halus]
    Filler --> AbuKulitKopi[Abu kulit kopi]
    Filler --> Limestone[Limestone]
    Aspal --> AspalPenetrasi[Aspal Penetrasi 60/70]
    AgregatKasar --> PemeriksaanAgregatKasar[/Pemeriksaan:  
1. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar  
(SNI 1969:2016)  
2. Berat jenis dan penyerapan agregat halus  
(SNI 1970:2016)  
3. Analisa saringan (SNI ASTM C136:2012)/]
    AgregatHalus --> PemeriksaanAgregatKasar
    AbuKulitKopi --> PengolahanBahan[/Pengolahan bahan:  
1. pembakaran (untuk kulit kopi)  
2. Analisa saringan No.200/]
    Limestone --> PengolahanBahan
    AspalPenetrasi --> PemeriksaanAspal[/Pemeriksaan:  
1. Kehilangan berat  
2. Penetrasi  
3. Titik lembek  
4. Daktilitas  
5. Berat jenis/]
    PemeriksaanAgregatKasar --> MemenuhiSpesifikasi{Memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018}
    PemeriksaanAspal --> MemenuhiSpesifikasi
    PengolahanBahan --> MemenuhiSpesifikasi
    MemenuhiSpesifikasi -- Ya --> PerkiraanKadarAspalRancangan[Perkiraan Kadar Aspal Rancangan]
    MemenuhiSpesifikasi -- Tidak --> MaterialBaru[Material Baru]
    MaterialBaru --> PersiapanAlatBahan
    PerkiraanKadarAspalRancangan --> DesignMixFormula[Design Mix Formula Berdasarkan Bina Marga 2018]
    DesignMixFormula --> PembuatanBendaUji[Pembuatan benda uji menggunakan kombinasi filler Abu Kulit Kopi-Limestone, 15%:85%, 25%:75% dari total berat filler tambahan]
    PembuatanBendaUji --> TesMarshall[Tes marshall]
    TesMarshall --> HasilAnalisis[Hasil Analisis]
    HasilAnalisis --> KesimpulanDanSaran[Kesimpulan dan saran]
    KesimpulanDanSaran --> Selesai([Selesai])
  
```

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengujian Saringan Agregat

masing material penyusun campuran aspal. Tujuan dari pengujian tersebut adalah untuk memastikan bahwa seluruh material memenuhi spesifikasi teknis yang tercantum dalam regulasi Bina Marga 2018.

#### 4.1.1 Pengujian Saringan Agregat Kasar

| Ukuran Saringan |     | Berat Tertahan (gr) | berat Tertahan Kumulatif (gr) | Tertahan Kumulatif (%) | Lolos Kumulatif (%) |
|-----------------|-----|---------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|
| 9,0             | 4"  | 0                   | 0                             | 0                      | 100                 |
| 2,5             | 2"  | 515,35              | 515,35                        | 20,645                 | 79.35               |
| 3,5             | 8"  | 1520,25             | 2035,60                       | 81,54                  | 18,46               |
| ,75             | 0.4 | 454,25              | 2489,85                       | 99,73                  | 0.0                 |
| ,36             | 0.8 | 0                   | 0                             | 0.0                    | 0.0                 |
| ,18             | 1.6 | 0                   | 0                             | 0.0                    | 0.0                 |
| ,60             | 30  | 0                   | 0                             | 0.0                    | 0.0                 |
| ,30             | 00  | 0                   | 0                             | 0.0                    | 0.0                 |
| ,15             | 00  | 0                   | 0                             | 0.0                    | 0.0                 |
| 075             | 00  | 0                   | 0                             | 0.0                    | 0.0                 |
| PAN             |     | 6,60                | 2500                          | 100                    | 0.0                 |
| TOTAL           |     | 2500                |                               |                        |                     |

Analisis Saringan Agregat Kasar 10-15mm

| Ukuran Saringan (mm) | Lolos Kumulatif (%) |
|----------------------|---------------------|
| 1                    | 0,075               |
| 2,5                  | 0,425               |
| 4,75                 | 0,85                |
| 7,5                  | 25,4                |
| 15                   | 47,68               |
| 19                   | 96,44               |

Sumber : Analisa Data Laboratorium (2025)

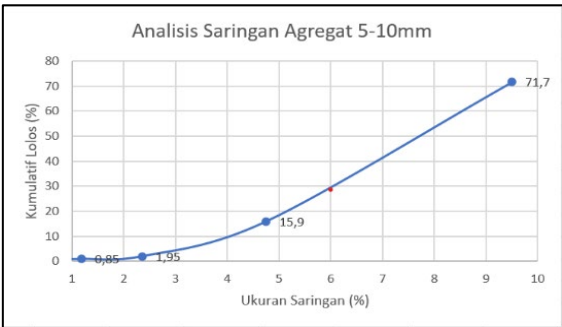
856 | Jurnal Rekayasa Sipil | Vol.15 No.1 Februari 2025 | ISSN 2337 – 7720

sebesar 19mm, dengan ukuran maksimum nominal sebesar 12,5 mm, ditinjau dari hasil saringan yang menunjukkan bahwa kurang dari 15% agregat tertahan pada saringan 1/2" (12,5 mm).

**Tabel 2.** Data hasil pengujian agregat kasar 5mm-15mm

| Ukuran Saringan | Berat Tertahan (gr) | Berat Tertahan Kumulatif (gr) | Tertahan Kumulatif (%) | Lolos Kumulatif (%) |
|-----------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|
| 9,0             | 0                   | 0                             | 0,00                   | 100                 |
| 2,5             | 0                   | 0                             | 0,00                   | 100                 |
| 1,5             | 31,7                | 31,7                          | 1,27                   | 98,73               |
| 0,75            | 2214,20             | 2245,90                       | 89,84                  | 10,16               |
| 0,36            | 0                   | 0                             | 0,0                    | 0,0                 |
| 0,18            | 0                   | 0                             | 0,0                    | 0,0                 |
| 0,60            | 0                   | 0                             | 0,0                    | 0,0                 |
| 0,30            | 0                   | 0                             | 0,0                    | 0,0                 |
| 0,15            | 0                   | 0                             | 0,0                    | 0,0                 |
| 0,075           | 0                   | 0                             | 0,0                    | 0,0                 |
| PAN             | 253,95              | 2500                          | 100                    | 0,00                |
| TOTAL           | 2500,0              |                               |                        |                     |

Sumber : Pengujian Laboratorium (2025)



**Gambar 3.** Grafik Analisis Saringan Agregat Kasar 5-10mm

Sumber : Analisa Data Laboratorium (2025)

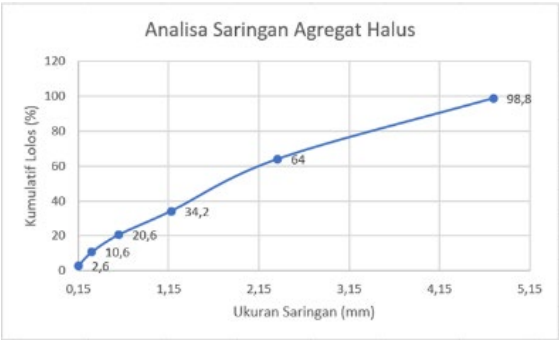
Untuk Agregat fraksi 5–10 mm memiliki ukuran butir maksimum 12,5 mm dan ukuran maksimum nominal 9,5 mm. Hal ini berdasarkan hasil analisa saringan yang menunjukkan sekitar 28,30% agregat tertahan pada saringan 3/8" (9,5 mm), sehingga masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima secara teknis.

**4.1.2 Pengujian Saringan Agregat halus**

**Tabel 3.** Pengujian Berat Jenis Kering Oven Agregat Halus

| Ukuran Saringan | Berat Tertahan (gr) | Berat Tertahan Kumulatif (gr) | Tertahan Kumulatif (%) | Lolos Kumulatif (%) |
|-----------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|
| 19,0            | 0                   | 0                             | 0,00                   | 100                 |
| 12,5            | 0                   | 0                             | 0,00                   | 100                 |
| 9,5             | 0                   | 0                             | 0,00                   | 100                 |
| 4,75            | 8,80                | 8,80                          | 1,79                   | 98,21               |
| 2,36            | 50,15               | 58,95                         | 11,99                  | 88                  |
| 1,18            | 91,80               | 150,75                        | 30,675                 | 69,33               |
| 0,60            | 80,95               | 231,70                        | 47,15                  | 52,86               |
| 0,30            | 63,65               | 295,35                        | 60,10                  | 39,91               |
| 0,15            | 80,65               | 376                           | 76,50                  | 23,50               |
| 0,075           | 67,45               | 443,45                        | 90,22                  | 9,78                |
| PAN             | 48                  | 500                           | 100                    | 0,00                |
| TOTAL           | 500                 |                               |                        |                     |

Sumber : Pengujian Laboratorium (2025)



**Gambar 4.** Grafik Analisis Saringan Agregat Halus

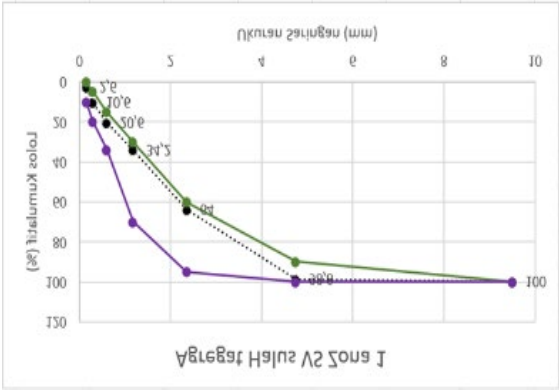
Sumber : Analisa Data Laboratorium (2025)

Setelah melakukan pengujian saringan terhadap agregat halus maka selanjutnya akan dilakukan pengecekan seberapa halus agregat terhadap batas-batas zona menurut spesifikasi umum Bina Marga 2018.

**Tabel 4.** Batas zona 1 agregat halus

| Ukuran Saringan | Lolos Saringan Agregat Halus (%) | Batas Zona 1 | Keterangan |
|-----------------|----------------------------------|--------------|------------|
| 3/8"            | 9,5                              | 100          | Memenuhi   |
| No.4            | 4,75                             | 90           | Memenuhi   |
| No.8            | 2,36                             | 60           | Memenuhi   |
| No.16           | 1,18                             | 30           | memenuhi   |
| No.30           | 0,60                             | 15           | Memenuhi   |
| No.50           | 0,30                             | 5            | Memenuhi   |
| No.100          | 0,15                             | 0            | Memenuhi   |
| No.200          | 0,075                            | 0            | Memenuhi   |

Sumber : Analisa Data Laboratorium (2025)



**Gambar 5.** Grafik batas zona 1 agregat halus

Sumber : Analisa Data Laboratorium (2025)

**4.2 Pengujian berat jenis dan penyerapan**

Pengujian berat jenis dan penyerapan dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik agregat yang digunakan dalam campuran aspal. Nilai berat jenis memberikan gambaran mengenai kerapatan agregat, sedangkan penyerapan air menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air ke dalam pori-pori agregat yang diuji.

#### 4.2.1 Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Data sample I :

1. Berat keadaan jenuh SSD = 5095,60 gr
2. Berat sampel dalam air = 3625,00 gr
3. Berat sampel kering oven = 4994,10 gr

Data sample II :

1. Berat keadaan jenuh SSD = 5095,60 gr
2. Berat sampel dalam air = 3685,00 gr
3. Berat sampel kering oven = 4999,30 gr

**Tabel 5.** Rekap hasil pengujian agregat kasar

| No | Pengujian        | Standar       | Hasil  | Syarat   | Keterangan |
|----|------------------|---------------|--------|----------|------------|
| 1. | Penyerapan Air   | SNI 1969-2016 | 1.98%  | Maks 3%  | Memenuhi   |
| 2. | Berat Jenis Bulk | SNI 1969-2016 | 3.470% | Min 2,5% | Memenuhi   |
| 3. | Berat Jenis SSD  | SNI 1969-2016 | 3.539% | Min 2,5% | Memenuhi   |
| 4. | Berat Jenis Semu | SNI 1969-2016 | 3.726% | Min 2,5% | Memenuhi   |

Sumber : Pengujian Laboratorium (2025)

Hasil uji menunjukkan bahwa agregat kasar yang digunakan masih berada dalam ambang batas standar yang disyaratkan.

#### 4.2.2 Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus

Data sampel I :

1. Berat keadaan jenuh SSD = 500gr
2. Berat sampel dalam air = 711,4gr
3. Berat sampel kering oven = 497,30gr

Data sampel II :

1. Berat keadaan jenuh SSD = 600 gr
2. Berat sampel dalam air = 754,7gr
3. Berat sampel kering oven = 493,20gr

**Tabel 6.** Rekap hasil pengujian penyerapan dan berat jenis agregat halus

| No | Pengujian        | Standar       | Hasil | Syarat  | Keterangan |
|----|------------------|---------------|-------|---------|------------|
| 1. | Penyerapan Air   | SNI 1969-2016 | 0.98% | Maks 3% | Memenuhi   |
| 2. | Berat Jenis Bulk | SNI 1969-2016 | 2,14% | Maks 3% | Memenuhi   |
| 3. | Berat Jenis SSD  | SNI 1969-2016 | 2,16% | Maks 3% | Memenuhi   |
| 4. | Berat Jenis Semu | SNI 1969-2016 | 2.10% | Maks 3% | Memenuhi   |

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2025)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan masih memenuhi batas standar yang telah ditentukan.

### 4.3 Kadar Aspal Optimum

Pengujian Marshall pada campuran normal bertujuan untuk mencari nilai karakteristik Marshall dengan menggunakan kadar aspal rancangan awal (Pb) untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO), yang nanti akan digunakan pada campuran aspal dengan

kombinasi filler Abu kulit kopi dan Limestone.

Komposisi agregat dan aspal untuk benda uji yang diperoleh Adalah:

1.Agregat Kasar = 50%

2.Agregat Halus = 48%

3.Filler = 2%

4.Aspal = 4,89%,39%, 5,89%

**Tabel 7.** Hasil Dari Pengujian Marshall Untuk Penentuan KAO

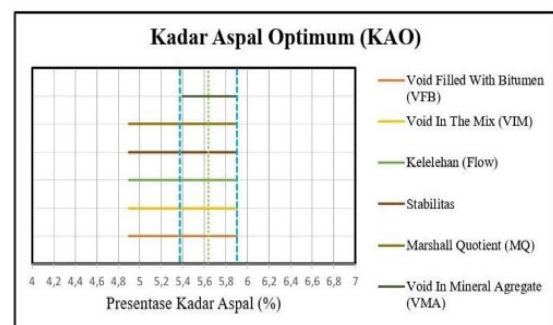
| KARAKTERISTIK MARSHALL |       |                |           |         |         |         |             |
|------------------------|-------|----------------|-----------|---------|---------|---------|-------------|
| Kadar Aspal            |       | Stability (kg) | Flow (mm) | VIM (%) | VFA (%) | VMA (%) | MQ (kg/mm3) |
| %                      | gr    |                |           |         |         |         |             |
| 4,89                   | 58,68 | 1113,40        | 4,00      | 4,64    | 65,22   | 14,58   | 277,81      |
| 5,39                   | 64,68 | 1001,45        | 3,73      | 4,34    | 67,45   | 15,01   | 273,00      |
| 5,89                   | 70,68 | 881,20         | 3,39      | 3,25    | 74,58   | 15,44   | 263,45      |

Sumber : Pengujian Laboratorium (2025)

**Tabel 8.** Data Rekapitulasi Nilai Marshall

| No | Karakteristik Marshall         | Nilai Kadar Aspal |      |      |
|----|--------------------------------|-------------------|------|------|
| 1  | Void Filled With Asphalt (VFA) | 4,9%              | 5,4% | 5,9% |
| 2  | Void In The Mix (VIM)          | 4,9%              | 5,4% | 5,9% |
| 3  | Kelelahan (Flow)               | 4,9%              | 5,4% | 5,9% |
| 4  | Stabilitas                     | 4,9%              | 5,4% | 5,9% |
| 5  | Marshall Quotient (MQ)         | 4,9%              | 5,4% | 5,9% |
| 6  | Void In Mineral Agregat (VMA)  |                   | 5,4% | 5,9% |

Sumber : Analisa Data Laboratorium (2025)



**Gambar 6.** Diagram Kadar Aspal Optimum (KAO)

Sumber : Analisa data Laboratorium (2025)

Maka pada pengujian Marshall dan grafik terhadap campuran aspal yang menggunakan Filler Limestone dengan kadar aspal 4.89, 5.39, 5.89 dapat di tentukan nilai kadar aspal optimum (KAO) dengan nilai 5,67% kadar aspal optimum.

### 4.4 Rancangan Gradasi Gabungan

Gradasi agregat memiliki peranan penting dalam menentukan kualitas campuran aspal karena berpengaruh terhadap tingkat kepadatan, stabilitas, serta rongga udara dalam campuran.

**Tabel 9.** Rancangan Gradasi Gabungan

| GRADASI GABUNGAN                                          |               |                                                               |            |            |                          |       |      |
|-----------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------|------------|------------|--------------------------|-------|------|
| No Ayakan                                                 | Ukuran Ayakan | Ag Kasar %                                                    | Ag Halus % | Abu Batu % | Gabungan %               | Bawah | Atas |
| 3/4"                                                      | 19,1          | 100                                                           | 100        | 100        | 98,00                    | 100   | 100  |
| 1/2"                                                      | 13,2          | 89,68                                                         | 100        | 100        | 96,02                    | 90    | 100  |
| 3/8"                                                      | 9,6           | 58,62                                                         | 100        | 100        | 89,70                    | 77    | 90   |
| 4                                                         | 6,35          | 5,21                                                          | 98,2       | 100        | 53,06                    | 53    | 69   |
| 8                                                         | 2,38          | 0                                                             | 88,00      | 100        | 44,11                    | 33    | 53   |
| 16                                                        | 1,19          | 0                                                             | 69,32      | 100        | 34,93                    | 21    | 40   |
| 30                                                        | 0,59          | 0                                                             | 52,85      | 99,50      | 26,83                    | 14    | 30   |
| 50                                                        | 0,279         | 0                                                             | 39,90      | 80,17      | 20,47                    | 9     | 22   |
| 1000                                                      | 0,15          | 0                                                             | 23,50      | 10,00      | 12,40                    | 6     | 15   |
| 200                                                       | 0,075         | 0                                                             | 9,77       | 0,00       | 5,66                     | 4     | 9    |
| Perbandingan Campuran dari presentasi berat total agregat |               | a. Agregat kasar<br>b. Agregat halus<br>c. Filler<br>d. Total |            |            | 50%<br>48%<br>2%<br>100% |       |      |

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2025)

#### 4.5 Hasil Pengujian Marshall

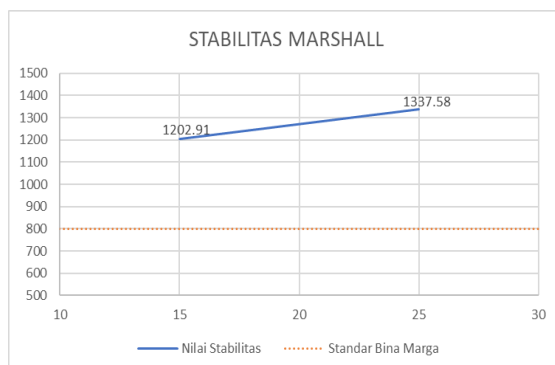
Pada penelitian ini benda uji yang telah dirancang sebelumnya akan dicetak dan dilakukan pengujian untuk menentukan ketahanan (stabilitas) dan kelelahan (flow).

##### 4.5.1 Pengujian Stabilitas

**Tabel 10.** Hasil Pengujian Stabilitas

| STABILITY (kg) |                  |           |             |            |
|----------------|------------------|-----------|-------------|------------|
| Limestone %    | Abu Kulit Kopi % | Parameter | Spesifikasi | Keterangan |
| 85             | 15               | 1202,91   | Min 800     | Memenuhi   |
| 75             | 25               | 1337,58   | Min 800     | Memenuhi   |

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2025)



**Gambar 7.** Grafik Stabilitas Marshall

Sumber : Pengujian Laboratorium (2025)

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dan grafik yang ditunjukkan, bertambahnya kadar abu kulit kopi

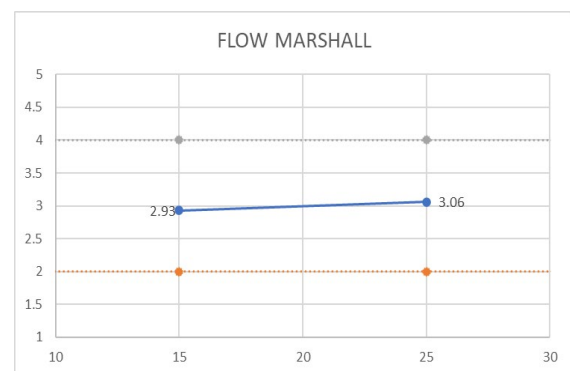
meningkatkan nilai stabilitas dari 1202,91kg dan naik menjadi 1337,58kg.

##### 4.5.2 Pengujian Kelelahan

**Tabel 11.** Hasil Dari Pengujian Kelelahan

| Flow (mm)   |                  |           |             |            |
|-------------|------------------|-----------|-------------|------------|
| Limestone % | Abu Kulit Kopi % | Parameter | Spesifikasi | Keterangan |
| 85          | 15               | 2,93      | 2-4         | Memenuhi   |
| 75          | 25               | 3,06      | 2-4         | Memenuhi   |

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2025)



**Gambar 8.** Grafik Flow Marshall

Sumber : Pengujian Laboratorium (2025)

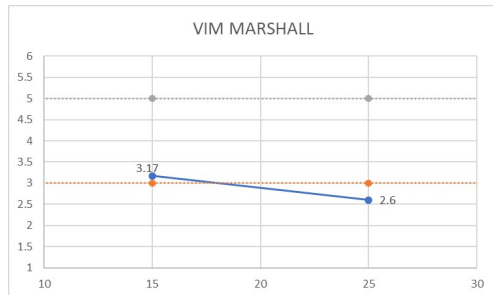
Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dan grafik yang ditunjukkan, bertambahnya kadar abu kulit kopi menghasilkan nilai flow yang stabil dari nilai 2,93mm dan 3,06mm, yang masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

#### 4.5.3 Pengujian Void in Mix

**Tabel 12.** Hasil Pengujian *Void in Mix* (VIM)

| <i>Void in Mix (%)</i> |                  |           |             |                |
|------------------------|------------------|-----------|-------------|----------------|
| Limestone %            | Abu Kulit Kopi % | Parameter | Spesifikasi | Keterangan     |
| 85                     | 15               | 3,17      | 3-5         | Memenuhi       |
| 75                     | 25               | 2,60      | 3-5         | Tidak Memenuhi |

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2025)



**Gambar 9.** Grafik Nilai VIM

Sumber : Pengujian Laboratorium (2025)

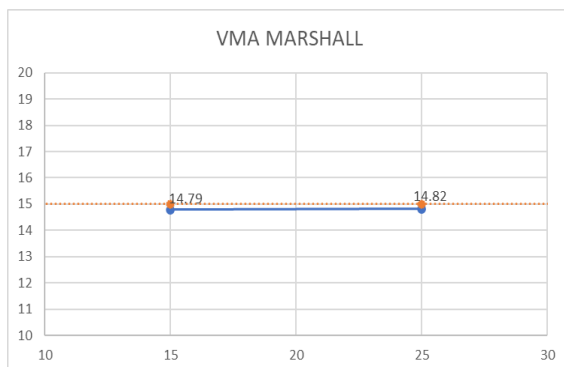
Berdasarkan hasil pengujian dan grafik menunjukkan penambahan kadar abu kulit kopi menurunkan nilai VIM, dimana pengujian menghasilkan nilai 3,17% dan menurun menjadi 2,6%, dimana pada spesifikasi batas bawah dan atas nilai VIM yaitu 3%-5%.

#### 4.5.4 Pengujian *Void in Mineral Agregate* (VMA)

**Tabel 13.** Hasil Pengujian *Void in Mineral Agregate* (VMA)

| <i>Void in Mineral Agregat (%)</i> |                  |           |             |                |
|------------------------------------|------------------|-----------|-------------|----------------|
| Limestone %                        | Abu Kulit Kopi % | Parameter | Spesifikasi | Keterangan     |
| 85                                 | 15               | 14,79     | Min 15      | Tidak Memenuhi |
| 75                                 | 25               | 14,82     | Min 15      | Tidak Memenuhi |

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2025)



**Gambar 10.** Grafik Nilai VMA

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2025)

Hasil pengujian dan grafik menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi abu kulit kopi dan

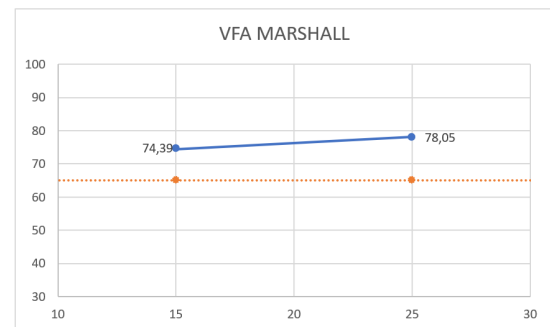
limestone sebagai filler dengan berbagai variasi rasio menghasilkan nilai Void in Mineral Agregate (VMA) yang berada di bawah batas spesifikasi yang dipersyaratkan yang menghasilkan nilai VMA sebesar 14,79% dan 14,82% dimana standar spesifikasi nilai VMA yaitu minimal 15%.

#### 4.5.5 Pengujian Void Filled with Asphalt (VFA)

**Tabel 14.** Hasil Hasil Pengujian Void Filled with Asphalt (VFA)

| <i>Void Filled with Asphalt (%)</i> |                  |           |             |            |
|-------------------------------------|------------------|-----------|-------------|------------|
| Limestone %                         | Abu Kulit Kopi % | Parameter | Spesifikasi | Keterangan |
| 85                                  | 15               | 74,39     | Min 65      | Memenuhi   |
| 75                                  | 25               | 78,05     | Min 65      | Memenuhi   |

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2025)



**Gambar 11.** Grafik Nilai VFA

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2025)

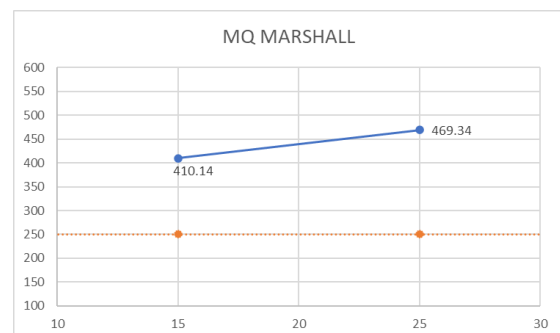
Berdasarkan hasil pengujian dan grafik menunjukkan penambahan kadar abu kulit kopi meningkatkan nilai VFA, dimana pengujian menghasilkan nilai VFA sebesar 74,39% dan 78,05%.

#### 4.5.6 Pengujian Marshall Quotient (MQ)

**Tabel 15.** Hasil *Marshall Quotient*

| <i>Marshall Quotient (kg/mm)</i> |                  |           |             |            |
|----------------------------------|------------------|-----------|-------------|------------|
| Limestone %                      | Abu Kulit Kopi % | Parameter | Spesifikasi | Keterangan |
| 85                               | 15               | 410,14    | Min 250     | Memenuhi   |
| 75                               | 25               | 469,34    | Min 250     | Memenuhi   |

Sumber : Pengujian Laboratorium (2025)



**Gambar 12.** Grafik Nilai MQ

Sumber : Pengujian Laboratorium (2025)

Hasil pengujian dan grafik menunjukkan nilai Marshall Quotient memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dengan menghasilkan nilai MQ sebesar 410,14 kg/mm<sup>3</sup> dan 469,34 kg/mm<sup>3</sup>.

#### 4.5.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall

**Tabel 16.** Rekapitulasi hasil pengujian Marshall.

| Kombinasi Filler |                | KARAKTERISTIK MARSHALL |      |      |       |       |        |
|------------------|----------------|------------------------|------|------|-------|-------|--------|
| Limestone        | Abu Kulit Kopi | Stability              | Flow | VIM  | VFA   | VMA   | MQ     |
| 85%              | 15%            | 1202,91                | 2,93 | 3,17 | 74,39 | 14,79 | 410,14 |
| 75%              | 25%            | 1337,58                | 3,06 | 2,60 | 78,05 | 14,82 | 469,34 |

Sumber : Laboratorium (2025)

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penggunaan kombinasi abu kulit kopi dan limestone sebagai bahan filler pada campuran aspal AC-WC, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik Marshall dengan menggunakan kombinasi filler abu kulit kopi dan limestone dengan rasio 15%:85% dan 25%:75% menghasilkan nilai stabilitas 1202,91 kg dan 1337,58 kg yang memenuhi syarat Bina Marga 2018 dimana standar batas bawah nilai stabilitas ialah 800 kg, nilai flow yang diperoleh sebesar 2,93 mm dan 3,06 mm yang juga memenuhi syarat Bina Marga 2018 dimana batas bawah dan atas ialah 2-4 mm, hasil nilai VIM ialah 3,17% dan 2,60% yang mana pada rasio 25% abu kulit kopi dan 75% limestone dengan nilai 2,60% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dimana syarat batas bawah dan atas nilai VIM yaitu 3%-5%, hasil nilai VMA ialah 14,79% dan 14,82% yang mana pada semua rasio kombinasi filler tidak memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yang mana batas minimal nilai VMA yaitu 15%, hasil nilai VFA yaitu 74,39% dan 78,05% yang mana pada semua rasio kombinasi filler memenuhi syarat Bina Marga 2018 dengan batas minimal nilai VFA yaitu 65%, hasil nilai Marshall Quotient yaitu 410,14 kg/mm<sup>3</sup> dan 469,34 kg/mm<sup>3</sup> memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yang mana batas minimal nilai Marshall Quotient yaitu pada 250 kg/mm<sup>3</sup>.
2. Rasio kombinasi abu kulit kopi dan limestone yang paling mendekari kondisi optimal terdapat pada rasio 85% limestone dan 15%

abu kulit kopi, yang mana menghasilkan nilai stabilitas 1202,91 kg, flow 2,93 mm, VIM 3,17%, VMA 14,79%, VFA 74,39%, dan MQ 410,14 kg/mm<sup>3</sup>, Dimana sebagian besar nilai karakteristik *Marshall* memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 kecuali nilai VMA.

3. Dari pengujian laboratorium yang dilakukan dan analisa dari semua parameter Marshall dapat disimpulkan bahwa kombinasi abu kulit kopi dan Limestone belum memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 untuk digunakan sebagai filler pada campuran aspal.

### 5.2 Saran

Setelah melaksanakan penelitian dan memperoleh berbagai pengalaman, disarankan untuk dilakukan penelitian lanjutan terkait topik ini :

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan pada proporsi campuran untuk menggunakan ketentuan batas maksimal campuran yang disyaratkan, dengan nilai proporsi kelipatan yang seragam, agar didapatkan nilai optimasi Marshall yang akurat.
2. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk observasi lebih lanjut tentang bahan filler, dan mencari solusi serta ide terkait menaikkan nilai VIM sebelum melakukan penelitian.
3. Disarankan saat melaksanakan eksperimen di laboratorium untuk lebih teliti dan memerlukan kehati-hatian yang ekstra agar tidak memengaruhi hasil pengujian laboratorium,

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asfiati, S., Zurkiyah, Yani, M., Indrayani, & Prafanti, S. (2022, February). Analysis of mixed stiffness modulus of different asphalt levels for AC-BC pavement layer with Pertamina 60/70 asphalt and 60/70 Esso asphalt material. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2193, No. 1, p
- [2] Shell Bitumen. (1995). *The shell bitumen industrial handbook*. Thomas Telford.
- [3] Umum, D. P., & Rakyat, P. (1997). Direktorat Jenderal Bina Marga. *Pengaspalan, Badan Penerbit Pekerjaan Umum*.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (1991). *Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall*. Sni 06-2489-1991, 1, 7.

- [5] Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 03-1968-1990 : Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar. Badan Standardisasi Nasional, 1-24.
- [6] Bina Marga. (2018). Spesifikasi umum 2018. Direktorat Jendral Bina Marga, 2018 (Revisi 3), 1-6.
- [7] Fadisa, N. (2024). Pengaruh Penggunaan Limbah Abu Kulit Kopi Sebagai Substitusi Sebagian Filler Pada Lapisan Ac-Wc Terhadap Karakteristik Marshall (Doctoral dissertation, Universitas Malikussaleh).
- [8] Sulistianti, S., Ar, S., & Miswar, K. (2020). Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi Dan Agregat Halus Endapan Abu Vulkanik Burni Telongpada Campuran Laston AC-WC. Jurnal Sipil Sains Terapan, 3(02).
- [9] Widianty, D., Mahli, M., Yuniarti, R., Mahendra, M., & Rofaida, A. (2022). Kombinasi Filler Limestone Dan Abu Batu Pada Campuran Laston Lapis Aus Menggunakan Metode Marshall: Combination of Limestone and Stone Ash Filler on Asphalt Concrete Wearing Course using the Marshall Method. Spektrum Sipil, 9(1), 57-66.
- [10] Rosyad, F., & Pranata, H. (2024). Analisis Pengaruh Filler Abu Kulit Kopi Terhadap Stabilitas Dan Kepadatan Aspal Ac-Wc Nr. Rang Teknik Journal, 7(2), 361-366.
- [11] Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1969:2016 - Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.
- [12] Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1970:2016 - Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.