

Pengaruh Pemadatan pada Campuran AC-WC dengan Bahan Filler Abu Kulit Kopi terhadap Nilai Volumetrik Marshall

Alfi Salmannur^{1*}, Sofyan M. Saleh², Nadila Ernita³

^{1,2,3}Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Syiah Kuala University, Banda Aceh, Aceh, Indonesia

*Koresponden email: alfisalmannur@usk.ac.id

Diterima: 30-07-2025

Disetujui: 31-07-2025

Abstract

The quality of compaction of asphalt pavement layers, especially the wear layer (AC-WC) is very important to avoid damage. This study aims to analyze the effect of the number of compaction impacts on the Marshall characteristics of Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) mixtures using coffee husk ash as a filler. AC-WC serves as an impermeable cover layer to protect the asphalt structure from water damage. The use of coffee skin ash as a filler material is expected to increase cost efficiency and utilize waste optimally. The research process began with physical material testing, sieve analysis, mix design, and the manufacture of 51 test samples. The number of compaction tumbles used were 2x35, 2x50, and 2x75. The results of the tests showed that increasing the number of compaction tumbles had a positive impact on the stability of the mixture, with a percent increase in stability values of 11% and 18.24%, respectively. The results also showed that the addition of 25% coffee husk ash had a positive impact on mix stability, with a percent increase in stability value of 11%. The flow, VIM, MQ and durability values of the 25% coffee husk ash mixture were also affected by the number of impacts. However, at 2x35 and 2x50 impacts, the flow, VIM, MQ and durability values did not meet the specifications of Bina Marga 2018 revision 2. Thus, the optimal number of compaction impacts is very important to improve the durability and performance of AC-WC layers using coffee husk ash filler.

Keywords: *Marshall parameters, compaction impact variations, AC-WC, coffee husk ash*

Abstrak

Kualitas Pemadatan lapisan pekerasan aspal khususnya lapisan aus (AC-WC) sangat penting untuk menghindari kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jumlah tumbukan pemadatan terhadap karakteristik Marshall pada campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) yang menggunakan filler abu kulit kopi. AC-WC berfungsi sebagai lapisan penutup kedap air untuk melindungi struktur aspal dari kerusakan akibat air. Penggunaan abu kulit kopi sebagai bahan filler diharapkan dapat meningkatkan efisiensi biaya serta memanfaatkan limbah secara optimal. Proses penelitian diawali dengan uji fisik material, analisis saringan, desain campuran, dan pembuatan 51 benda uji. Jumlah tumbukan pemadatan yang digunakan adalah 2x35, 2x50, dan 2x75. Hasil dari pengujian menunjukkan peningkatan jumlah tumbukan pemadatan berdampak positif pada stabilitas campuran, dengan persen kenaikan nilai stabilitas berurutan sebesar 11% dan 18,24%. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penambahan 25% Abu kulit kopi memberikan dampak positif pada stabilitas campuran, dengan persen kenaikan nilai stabilitas 11%. Nilai flow, VIM, MQ dan durabilitas pada campuran 25% abu kulit kopi juga dipengaruhi oleh jumlah tumbukan, Namun, pada tumbukan 2x35 dan 2x50, nilai flow, VIM, MQ dan durabilitas tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2. Sehingga, jumlah tumbukan pemadatan yang optimal sangat penting untuk meningkatkan durabilitas dan kinerja lapisan AC-WC yang menggunakan filler abu kulit kopi.

Kata Kunci: *Parameter Marshall, Jumlah Tumbukan, AC-WC, Abu Kulit Kopi*

1. Pendahuluan

Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) merupakan salah satu jenis lapisan aspal beton yang memiliki fungsi sebagai lapisan anti air untuk mencegah masuknya air dan untuk menahan beban lalu lintas [1]. Pemadatan merupakan proses kompresi yang bertujuan optimal serta menghasilkan

jumlah rongga yang memadai dalam campuran beraspal [2]. pemadatan pada lapangan dilakukan berdasarkan metode trial error. Hal ini melibatkan pengujian melalui beberapa lintasan dan kemudian diuji dengan cara coring in situ, di mana hasil coring tersebut diuji di laboratorium untuk menentukan dampaknya [3]. Pada proses pemadatan di laboratorium, proses pemadatan dilakukan dengan memberi beban pada benda uji di dalam cetakan (mold) menggunakan tumbukan [4].

Banyaknya jumlah tumbukan pembebanan pada lapisan AC-WC adalah 2x75 [5]. Pemadatan mempengaruhi nilai density dari suatu campuran, nilai density terpengaruh dari rongga dalam campuran (VIM) dan rongga pada agregat (VMA). Jika pemadatan tidak memenuhi persyaratan yang ditentukan, kepadatan campuran tidak padat dengan merata dan rentan retak, yang dapat mempengaruhi kinerja campuran dalam menahan beban lalu lintas, sehingga mempengaruhi umur pelayanan maupun kenyamanan [6]. Pemadatan yang tidak memenuhi persyaratan dapat membuat campuran mudah retak [7], yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kinerja dan karaktersitik marshall pada campuran tersebut. Di sisi lain, pemanfaatan limbah diharapkan dapat digunakan secara maksimal untuk meningkatkan efisiensi pembiayaan, lingkungan dan juga masyarakat [8], sehingga pada penelitian ini terdapat modifikasi pada bahan pengisi (filler) dari bahan kulit kopi.

Filler merupakan bahan pengisi pada campuran yang memiliki sifat bahan non-plastis dan apabila di saring pada saringan no. 200 dapat lolos minimal sebanyak 75%. Filler yang memiliki ukuran yang halus diharapkan dapat mengisi rongga-rongga antara agregat kasar dan agregat halus, sehingga dapat mengurangi rongga, meningkatkan nilai kepadatan, serta menurunkan nilai deformasi pada campuran aspal [9]. Kulit kopi umumnya dibuang selama proses produksi kopi di Aceh Tengah dan belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga abu kulit kopi tersedia dalam jumlah yang melimpah. Kopi merupakan tanaman yang menghasilkan limbah dalam jumlah besar dari proses pengolahannya, dengan limbah kulit kopi mencapai sekitar 50-60 persen dari total hasil panen [10].

Abu Kulit Kopi mengandung senyawa Silika Oksida mirip dengan kandungan semen. Pada abu kulit kopi, Silika Oksida (SiO_2) dengan kadar 0,6% dan CaO dengan kadar 39,4%. Dengan demikian, penambahan limbah kulit kopi pada campuran aspal ini dipilih karena selain biayanya yang murah, tetapi juga sebagai wujud kepedulian terhadap lingkungan [11]. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu menunjukkan penambahan abu kulit kopi dengan variasi 0%, 25%, 35%, 45%, 55% didapatkan komposisi variasi terbaik adalah 25%, hal ini terlihat dari Parameter Marshall pada variasi 25% abu kulit kopi yaitu kepadatan sebesar 2,337 gr/cm^3 , nilai VMA sebesar 16,3%, nilai VIM sebesar 4,8%, nilai VFA sebesar 70,5%, stabilitas sebesar 2196,1 kg, kelelahan sebesar 3,397 mm, dan Marshall Quotient (MQ) sebesar 646,5 kg/mm [12].

2. Material dan Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, di Universitas Syiah Kuala. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan *Marshall test*.

2.1 Material penelitian

Material yang perlu dipersiapkan untuk melakukan penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus, filler, aspal penetrasi 60/70, semen portland dan limbah abu kulit kopi.



Gambar 1. Kulit kopi sebelum dan sesudah pembakaran

2.2 Pemeriksaan sifat fisis agregat, aspal, dan filler abu kulit kopi

Sebelum dipakai untuk pembuatan benda uji, bahan-bahan yang akan digunakan perlu diuji dengan

mengacu kepada Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2. Spesifikasi terhadap material pada campuran aspal dapat dilihat di Tabel 1 sampai Tabel 4 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi karakteristik agregat kasar

No.	Jenis Pengujian	Spesifikasi
1	Berat Jenis	Min. 2,5
2	Berat Isi	Min. 1 kg/dm
3	Tumbukan	Maks.30%
4	Penyerapan Air	Maks. 3%
5	Keausan Agregat	Maks. 40%
6	Indeks Kepipihan	Maks. 10%
7	Indeks Kelonjongan	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2

Tabel 2. Spesifikasi karakteristik aspal pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Spesifikasi
1	Berat Jenis	Min. 2,5
2	Penetrasi	Min. 1 kg/dm
3	Daktilitas	Min. 100 cm
4	Titik Lembek	Min. 48°C

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2

Tabel 3. Spesifikasi karakteristik abu kulit kopi

No.	Jenis Pengujian	Spesifikasi
1	Berat Jenis	-
2	Lolos saringan no.16	100%
3	Lolos saringan no.30	97% - 100%
4	Lolos saringan no.50	95% - 100%
5	Lolos saringan no.200	70-100%

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2

Pada pemeriksaan sifat fisis, diketahui bahwa pada agregat kasar, Indeks kepipihan dan kelonjongan tidak memenuhi syarat, Rizaldi [11], Pratiwi [12], Iswandi [13], Hakim [14], dan Septiani [15] telah meneliti mengenai penggunaan agregat kasar dengan indeks kepipihan dan kelonjongan melebihi 10%, hasil penelitian-penelitian tersebut adalah penggunaan agregat kasar yang tidak memenuhi spesifikasi tidak mempengaruhi kinerja campuran aspal secara signifikan.

2.3 Pemeriksaan gradasi agregat

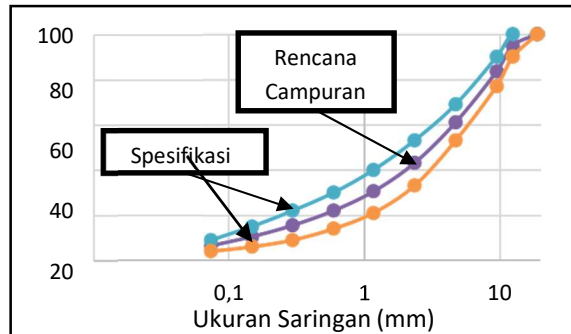
Sesuai spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2, Spesifikasi gradasi yang digunakan untuk campuran aspal beton lapisan aus dalam penelitian ini adalah seperti pada Tabel 5 dan gambar 2 berikut

Tabel 4. Spesifikasi karakteristik abu kulit kopi
Gradasi Campuran

Ukuran Saringan	Lolos (%)
1" (25,00) mm	-
¾" (19,00) mm	100
½" (12,50) mm	95
3/8" (9,50) mm	83,5
No. 4 (4,75) mm	61
No. 8 (2,36) mm	43
No. 16 (1,18) mm	30,5
No. 30 (0,600) mm	22
No. 50 (0,300) mm	15,5

No. 100 (0,150) mm	10,5
No.200	6,5
Filler	-

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2



Gambar 2. Grafik rencana gradasi campuran

2.4 Pemeriksaan gradasi agregat

Dalam pengujian menggunakan Marshall, hal yang dilakukan adalah menghitung perkiraan Kadar Aspal (Pb) dengan membulatkan nilai Pb hingga 0,5% terdekat. Selanjutnya, sampel uji Marshall disiapkan pada 5 variasi kadar aspal masing-masing (tiga) benda uji, yaitu -1,0%, -0,5%, Pb%, +0,5%, dan +1,0% dari berat total campuran. Pada penelitian ini, kadar aspal perkiraan yang digunakan diperoleh dari persamaan (1) berikut.

$$\begin{aligned}
 Pb &= 0,035CA\% + 0,045FA\% + 0,18F\% + K \\
 &= 0,035 (39)\% + 0,045 (54,5)\% + 0.18 (6,5)\% + 0,8 \\
 &= 5,785\% \approx 6,00\%
 \end{aligned}$$

CA adalah presentase kumulatif tertahan dari agregat kasar, FA adalah presentase kumulatif tertahan dari agregat halus, F adalah presentase kumulatif *filler* dan K adalah kostanta dimana pada Laston, nilai K perkiraan adalah 0,5 – 1. Dengan demikian, kadar aspal perkiraan dibulatkan menjadi 6,00% sehingga kadar aspal benda uji adalah 5,00%, 5,50%, 6,00%, 6,50% dan 7,00%.

2.5 Perencanaan benda uji

Jumlah sampel pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut:

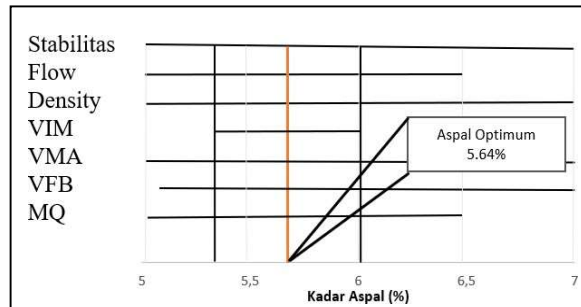
Tabel 5. Rekapitulasi jumlah benda uji

No.	Uraian	Jumlah
1	Jumlah Benda Uji untuk penentuan KAO	15 sampel
2	Benda Uji dengan tumbukan pada <i>filler</i> semen <i>portland</i>	9 sampel
3	Benda Uji dengan tumbukan pada <i>filler</i> 25% Abu Kulit Kopi	9 sampel
4	Benda Uji durabilitas pada Rendaman 24 jam pada <i>filler</i> semen <i>portland</i>	9 sampel
5	Benda Uji durabilitas pada Rendaman 24 jam pada <i>filler</i> 25% abu Kulit Kopi	9 sampel
Jumlah Total Sampel		51 sampel

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil penelitian yang disajikan berupa pengaruh penambahan abu kulit kopi yang disertai variasi jumlah tumbukan pada proses pemadatan pada campuran lapisan aspal beton lapis aus (AC-WC) terhadap nilai volumetrik Marshall dan juga perbandingannya dengan campuran standar yang menggunakan *filler* abu batu. Dari hasil pengujian, kemudian dilakukan analisis regresi untuk mengkaji hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall. Analisis regresi yang digunakan

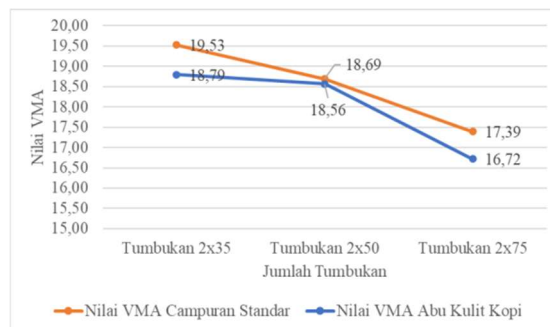
disesuaikan dengan bentuk penyebaran data, apakah membentuk garis lengkung atau garis lurus (linear). Grafik nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran aspal dari evaluasi parameter Marshall didapatkan sebesar 5,64% dan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Grafik penentuan KAO

3.1 Tinjauan terhadap nilai VMA

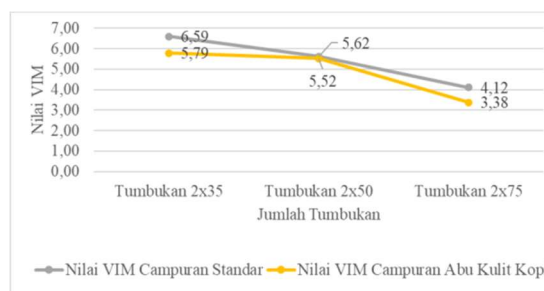
Jika dianalisis nilai VMA campuran dengan jumlah tumbukan dalam proses pemadatan, VMA cenderung mengalami penurunan pada peningkatan jumlah tumbukan. Ini terjadi karena semakin banyak tumbukan, agregat akan mengalami pergeseran yang meningkatkan pengisian rongga-rongga dalam campuran aspal, yang akhirnya mengurangi nilai volume rongga di antara agregat. Grafik yang menggambarkan pengaruh jumlah tumbukan terhadap nilai VMA dengan substitusi filler 25% abu kulit kopi dan tanpa substitusi filler disajikan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Grafik pengaruh jumlah tumbukan terhadap nilai VMA dengan substitusi filler 25% abu kulit kopi dan tanpa substitusi filler

3.2 Tinjauan terhadap nilai VIM

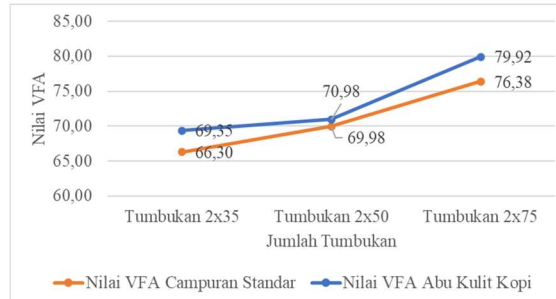
Jika diamati nilai VIM campuran dengan jumlah tumbukan dalam proses pemadatan, VIM cenderung mengalami penurunan seiring dengan peningkatan jumlah tumbukan. Penurunan ini disebabkan oleh pergeseran agregat yang lebih besar yang mengisi rongga-rongga dalam campuran aspal, yang akhirnya mengurangi volume rongga di antara agregat dan menyebabkan ukuran VIM yang tersisa semakin kecil. Nilai VIM yang minimal menunjukkan bahwa campuran aspal berada pada posisi yang paling stabil. Grafik yang menunjukkan pengaruh jumlah tumbukan terhadap nilai VIM dengan substitusi filler 25% abu kulit kopi dan tanpa substitusi filler disajikan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Grafik pengaruh jumlah tumbukan terhadap nilai VIM dengan substitusi filler 25% abu kulit kopi dan tanpa substitusi filler

3.3 Tinjauan terhadap nilai VFA

Jika dianalisis nilai VFA campuran dengan jumlah tumbukan dalam proses pemadatan, VFA cenderung meningkat seiring dengan peningkatan jumlah tumbukan. Hal ini disebabkan oleh pergeseran butir agregat yang saling mengisi rongga-rongga di antara butir agregat dalam campuran aspal. Akibat dari pergeseran ini, rongga tersebut terisi oleh aspal, yang menyebabkan persentase rongga yang terisi aspal meningkat. Grafik yang menunjukkan pengaruh jumlah tumbukan terhadap nilai VFA dengan substitusi filler 25% abu kulit kopi dan tanpa substitusi filler disajikan pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Grafik pengaruh jumlah tumbukan terhadap nilai VFA dengan substitusi filler 25% abu kulit kopi dan tanpa substitusi filler

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Peningkatan jumlah tumbukan dalam proses pemadatan campuran aspal berpengaruh langsung terhadap karakteristik volumetrik campuran.
2. Pada campuran dengan substitusi filler 25% abu kulit kopi maupun tanpa substitusi, hanya pada tumbukan 2x75 yang memenuhi spesifikasi Void in Mix (VIM) yaitu 4,12% dan 3,38%
3. Abu kulit kopi dapat digunakan sebagai substitusi filler hanya pada lalu lintas berat

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam pelaksanaan proses pelaksanaan penelitian ini sehingga bisa selesai dengan baik.

6. Referensi

- [1] Fithra, "Pengaruh Jumlah Tumbukan pada Campuran Aspal Concrete Wearing Course (AC-WC) Tambahan Lateks Terhadap Sifat Marshall," *Teras Jurnal*, vol. 7, no. 1, 2017.
- [2] B. Nuryono and H. Kurniawan, "Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Lintasan Terhadap Kepadatan Campuran Aspal Beton," *Jurnal Ilmiah*, vol. 13, no. 1, 2018.
- [3] D. K. Lubis, "Pengaruh Variasi Jumlah Lintasan Pemadatan Terhadap Kepadatan Perkerasan Aspal," Universitas Batanghari, Jambi, 2022.
- [4] D. Pratama, "Analisa Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan pada Proses Pemadatan Campuran Aspal Beton," Universitas Indonesia, Jakarta, 2011.
- [5] Direktorat Jendral Bina Marga, Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Edisi 2018 revisi 2 Divisi 6, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2020.
- [6] M. La, "Kajian Penambahan Bahan Anti Stripping Wet Fix pada Campuran Split Mastic Asphalt Terhadap Jumlah Tumbukan," Universitas Muslim, Makassar, 2023.
- [7] G. W. Astuti, "Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Lintasan Terhadap Kepadatan Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)," Universitas Jambi, Jambi, 2023.
- [8] S. Totomihardjo, *Bahan dan Struktur Jalan Raya*, Yogyakarta: KMTSJTS, FT UGM, 2004.
- [9] Sasmitha and dkk, "Pengaruh Penambahan Abu Kulit Kopi Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton," *Jurnal Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil*, vol. 3, no. 3, pp. IX-1 - IX-5, 2014.
- [10] N. Fadisa, "Pengaruh Penggunaan Limbah Abu Kulit Kopi Sebagai Substitusi Sebagian Filler pada

- Lapisan AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall," Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, 2024.
- [11] Rizaldi, "Kajian Persentase Pasir Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Studi Kasus Pasir Sungai Indrapuri Dan Pasir Gunung Jamur Ujung)," Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, 2019.
- [12] S. Pratiwi, "Pemanfaatan Abu Serbuk Kayu dan Styrofoam sebagai Material Campuran Laston Lapis Aus dengan Metode Pencampuran Kering," Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, 2019.
- [13] N. S. Iswandi, "Karakteristik Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Aspal PEN 60/70 Terhadap Campuran Beton Aspal (AC – WC) Dengan Perendaman Produk Minyak Bumi," Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, 2019.
- [14] I. A. Hakim, "Karakteristik Campuran Aspal Beton Dengan Substitusi LDPE Murni Dan LDPE Hasil Pirolis Pada Laston Lapis Aus (AC-WC)," Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, 2021.
- [15] R. Septiani, "Subtitusi Styrofoam Dan Abu Serbuk Kayu Sebagai Material Campuran Laston Lapis Aus Dengan Metode Pecampuran Basah," Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, 2019.