

PENGARUH PEMANFAATAN ABU SERABUT KELAPA SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN (*FILLER*) TERHADAP STABILITAS PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC MENGGUNAKAN METODE *MARSHALL TEST*

THE EFFECT OF UTILIZING COCONUT ASH AS AN ADDITIONAL (*FILLER*) MATERIAL ON THE STABILITY OF AC-WC ASPHALT MIXTURES USING THE *MARSHALL TEST METHOD*

Muhammad Sirojuddin¹, Kholidia Ayunaning², Rahmat Dwi Sutrisno³

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik - Indonesia

**Email: sirojmascle@gmail.com*

Artikel histori:

Submitted 22 Nov 2025
Revised 30 Nov 2025
Accepted 22 Des 2025
Online 22 Des 2025

ABSTRAK: Infrastruktur jalan memiliki fungsi penting dalam mendukung pergerakan masyarakat dan merangsang kemajuan ekonomi. Namun demikian, kerusakan perkerasan jalan masih sering dijumpai yang disebabkan oleh beban lalu lintas berlebih, pengaruh kondisi iklim, serta kualitas material yang kurang memadai. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi dampak penggunaan abu serabut kelapa sebagai pengganti filler alternatif terhadap sifat-sifat Marshall dalam campuran Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC), sekaligus menentukan kadar filler yang paling ideal. Variasi kadar filler yang diuji termasuk 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10%, dengan parameter pengujian Marshall yang meliputi stabilitas, aliran, kepadatan, Marshall Quotient, VIM, VMA, dan VFA. Hasil uji menunjukkan bahwa penambahan abu serabut kelapa hingga 8% masih sesuai dengan ketentuan Spesifikasi Bina Marga 2018, yang ditandai dengan peningkatan nilai stabilitas dan aliran yang berada dalam batasan yang ditentukan. Sebaliknya, pada kadar 10% terjadi penurunan stabilitas disertai peningkatan aliran, yang mengindikasikan campuran menjadi lebih plastis. Kadar *filler* optimum diperoleh pada komposisi 6%, dengan nilai stabilitas tertinggi sebesar 1474,9 kg, *flow* 3,18 mm, dan *Marshall Quotient* 465,7 kg/mm. Dengan demikian, abu serabut kelapa berpotensi dimanfaatkan sebagai alternatif *filler* yang ramah lingkungan pada campuran AC-WC.

Kata kunci: *Filler* Alternatif, Abu Serabut Kelapa, Campuran Aspal Panas, Stabilitas *Marshall*, Pembangunan Berkelanjutan.

ABSTRACT: Road infrastructure has an important function in supporting community movement and stimulating economic progress. However, road pavement damage is still often found due to excessive traffic loads, the influence of climatic conditions, and inadequate material quality. This research was conducted to evaluate the impact of using coconut fiber ash as an alternative filler on the Marshall properties of the Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC) mixture, as well as determining the most ideal filler content. Variations in filler content tested included 0%, 4%, 6%, 8%, and 10%, with Marshall test parameters including stability, flow, density, Marshall Quotient, VIM, VMA, and VFA. The test results show that the addition of coconut fiber ash up to 8% is still in accordance with the provisions of the 2018 Bina Marga Specifications, which are characterized by an increase in stability and flow values that are within the specified limits. On the other hand, at a level of 10% there was a decrease in stability accompanied by an increase in flow, which indicated that the mixture became more plastic. The optimum filler content was obtained at a

composition of 6%, with the highest stability value of 1474.9 kg, flow of 3.18 mm, and Marshall Quotient of 465.7 kg/mm. Thus, coconut fiber ash has the potential to be used as an environmentally friendly alternative filler in AC-WC mixtures.

Keywords: *Alternative Filler, Coconut Ash, Hot Mix Asphalt, Marshall Stability, Sustainable Pavement*

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan merupakan komponen vital dalam mendukung kelancaran mobilitas dan mendorong pertumbuhan ekonomi. Namun masalah terkait kerusakan jalan di Indonesia masih sering muncul disebabkan oleh dampak dari beban lalu lintas yang terlalu tinggi, faktor cuaca, dan kualitas bahan material yang tidak mencukupi. Salah satu strategi untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan adalah melalui penggunaan material alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Pada aspal campuran panas, khususnya Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC), kinerja perkerasan sangat ditentukan oleh proporsi agregat, kadar aspal, dan penggunaan bahan pengisi. Oleh karena itu, inovasi penggunaan *filler* alternatif menjadi penting untuk meningkatkan kinerja perkerasan sekaligus mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan.

Indonesia menjadi salah satu negara penghasil kelapa terbesar, memproduksi limbah serabut kelapa dalam jumlah yang signifikan yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Serabut kelapa dapat diolah menjadi abu melalui proses pembakaran yang berlangsung tanpa pengendalian yang ketat, menghasilkan partikel halus berpermukaan kasar, tajam, dan berpori yang lolos saringan No. 200. Karakteristik ini memberikan keuntungan dalam campuran aspal karena mampu meningkatkan ikatan mekanis antara agregat dan aspal, memperbaiki kohesi internal, serta membantu distribusi aspal yang lebih merata. Sifat abrasif dan daya serap abu serabut kelapa juga berperan dalam meningkatkan stabilitas campuran dan menjaga nilai *flow* tetap dalam batas yang disyaratkan.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa abu serabut kelapa berpotensi meningkatkan stabilitas *Marshall* campuran aspal hingga kadar tertentu. Namun, perbedaan kandungan *filler* dapat menyebabkan respon yang berbeda-beda terhadap parameter *Marshall*, seperti stabilitas, aliran, dan *Marshall Quotient*. Atas dasar tersebut, maka penelitian memiliki tujuan untuk mengkaji dampak pemanfaatan abu serabut kelapa sebagai bahan pengisi terhadap karakteristik *Marshall* campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan metode *Marshall*, melalui variasi kadar bahan pengisi sebesar 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan teknis pemanfaatan abu serabut kelapa sebagai bahan pengisi alternatif yang ekonomis, ramah lingkungan dan berkelanjutan dalam konstruksi perkerasan jalan.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan abu serabut kelapa sebagai bahan tambah agregat halus terhadap stabilitas campuran aspal AC-WC berdasarkan pengujian *Marshall*?
2. Berapa persentase optimal penambahan abu serabut kelapa yang menghasilkan karakteristik *Marshall* terbaik pada campuran aspal AC-WC dengan kadar 0%,4%,6%, 8%dan 10% ?

1.2 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap terarah dan terfokus, maka ditetapkan batasan permasalahan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus menganalisis pengaruh penambahan abu serabut kelapa yang dimanfaatkan sebagai bahan aditif pada agregat halus pada campuran aspal (AC-WC).
2. Variasi penambahan abu serabut kelapa dibatasi pada persentase tertentu yang ditentukan berdasarkan studi pendahuluan.
3. Penelitian ini menggunakan abu serabut kelapa yang diperoleh dari proses pembakaran yang berlangsung tanpa pengendalian yang ketat.
4. Penelitian ini tidak menganalisis kandungan kimia abu serabut kelapa dan hanya meninjau pengaruhnya terhadap karakteristik *Marshall* campuran AC-WC.
5. Pengujian yang dilakukan terbatas pada karakteristik *Marshall*, yaitu stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA*, *VFA*, dan *Marshall Quotient*.
6. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dan tidak mencakup uji lapangan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh penambahan abu serabut kelapa yang digunakan sebagai bahan aditif pada agregat halus terhadap nilai stabilitas dan parameter karakteristik *Marshall* lainnya pada campuran aspal (AC-WC)
2. Menentukan persentase penambahan abu serabut kelapa yang optimum dalam menghasilkan kinerja campuran aspal AC-WC, melalui variasi kadar 0%, 4%, 6%, 8% dan 10%, sehingga memenuhi spesifikasi teknis yang berlaku.

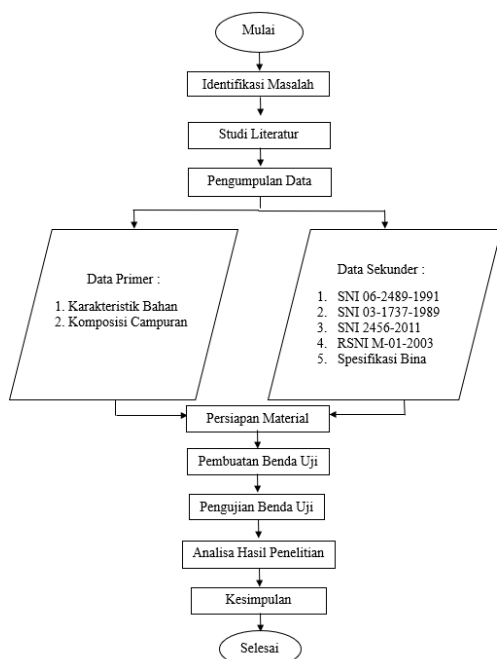
2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu pendekatan yang dilakukan secara terencana untuk menentukan dampak suatu tindakan terhadap variabel spesifik di bawah keadaan yang teratur. Tindakan yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah penambahan abu sabut kelapa sebagai bahan tambahan pada agregat halus dalam campuran aspal beton (AC-WC), sedangkan variabel yang diamati adalah karakteristik *Marshall*, terutama nilai stabilitas. Metode eksperimen dipilih karena memungkinkan pengendalian variabel lain sehingga pengaruh abu serabut kelapa terhadap kinerja campuran dapat dianalisis secara objektif.

Tahapan penelitian diawali dengan persiapan material penyusun campuran aspal, yaitu aspal keras, agregat kasar, agregat halus, dan *filler*. Abu serabut kelapa digunakan sebagai substitusi sebagian *filler* dengan variasi kadar 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat agregat halus. Setiap variasi dicampur secara merata, kemudian dicetak menjadi benda uji silinder menggunakan cetakan *Marshall*.

Selanjutnya, benda uji diuji menggunakan metode *Marshall* sesuai SNI 06-2489-1991 untuk memperoleh nilai stabilitas, *flow*, serta parameter *Marshall* lainnya. Data hasil pengujian digunakan untuk membandingkan kinerja campuran pada setiap variasi kadar abu serabut kelapa dan menentukan kadar optimum yang memberikan performa terbaik. Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan rujukan dalam pemanfaatan abu serabut kelapa sebagai *filler* alternatif yang ramah lingkungan dalam konstruksi perkerasan jalan.

2.1 Bagan Alir Penelitian



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

Sumber: Data Penulis 2025

2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan antara bulan Juni dan Juli 2025, termasuk proses pengumpulan bahan, pembuatan sampel, serta pengujian sampel tersebut. Semua tahap penelitian berlangsung di Laboratorium Bahan dan Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Gresik yang terletak di Jl. Sumatera No. 101 GKB, Kabupaten Gresik, Jawa Timur, Indonesia.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Sumber: Google Maps 2025

2.3 Pengumpulan Data

Penelitian ini adalah penelitian berbasis eksperimen yang memanfaatkan campuran aspal beton jenis Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC) sebagai fokus utama untuk mengkaji dampak penambahan abu serabut kelapa sebagai bahan tambahan pada agregat halus terhadap karakteristik *Marshall*. Abu serabut kelapa digunakan sebagai variabel bebas dengan variasi kadar 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10%, sedangkan variabel terikat meliputi stabilitas *Marshall*, *flow*, dan *Marshall Quotient*. Sebanyak 75 benda uji *Marshall* dibuat sesuai standar Bina Marga dan SNI, masing-masing variasi terdiri dari 15 sampel, dengan dimensi silinder diameter 10 cm dan tinggi 6,3 cm. Benda uji direndam pada variasi umur 1, 3, 7, 14, dan 28 hari, kemudian diuji setelah perendaman water bath pada suhu 60°C. Di samping pengujian *Marshall*, juga dilakukan pengujian untuk sifat fisik bahan yang meliputi karakteristik penetrasi aspal 60/70, agregat kasar dan halus, serta abu serabut kelapa. Data primer dikumpulkan melalui uji laboratorium, sementara data sekunder diambil dari standar SNI dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Tahapan penelitian meliputi persiapan material, desain campuran, pembuatan dan perawatan spesimen, pengujian laboratorium, serta analisis data untuk mengevaluasi kinerja campuran AC-WC dan potensi abu serabut kelapa sebagai *filler* alternatif berkelanjutan.

2.4 Metode Marshall

Metode *Marshall* merupakan pengujian laboratorium yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja campuran aspal panas berdasarkan parameter kekuatan, kelelahan, dan karakteristik volumetrik. Pengujian ini bertujuan untuk menilai kemampuan campuran aspal dalam menahan beban

lalu lintas serta menentukan kadar *filler* optimum yang memenuhi spesifikasi teknis.

Dalam sampel ini, campuran aspal AC-WC dibuat dengan variasi proporsi filler dari abu serabut kelapa. Setiap sampel dipadatkan menggunakan alat Marshall Compactor dengan jumlah tumbukan sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Bina Marga. Setelah pemadatan selesai, spesimen direndam dalam bak air pada suhu sekitar 60°C selama 30 hingga 40 menit sebelum melakukan pengujian.

Pengujian Marshall dilakukan untuk menentukan nilai stabilitas serta *flow*. Nilai mencerminkan kemampuan campuran aspal dalam menanggung beban maksimum sebelum mengalami kerusakan, sedangkan aliran menunjukkan sejauh mana plastis terjadi ketika beban maksimum tercapai. Selanjutnya Marshall Quotient (MQ) dihitung sebagai antara rasio stabilitas dan *flow* untuk memperkuat kekuatan campuran.

Selain parameter *Marshall*, dilakukan analisis karakteristik volumetrik yang meliputi Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), dan Void Filled with Asphalt (VFA). Parameter-parameter tersebut dimanfaatkan untuk mengevaluasi tingkat kepadatan, rongga udara, serta efektivitas aspal dalam mengisi rongga agregat. Seluruh hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan Spesifikasi Umum Bina Marga untuk menentukan kinerja campuran aspal AC-WC dan kadar abu serabut kelapa yang paling optimum.

2.5 Desain Campuran

Berdasarkan variasi umur perendaman yang digunakan yaitu 0,1,3,7 hari, maka diperlukan benda uji sebanyak 12 buah, maka jumlah benda uji yang dibutuhkan adalah sebanyak 60 buah sampel benda uji untuk mengetahui pengaruh abu serabut kelapa terhadap campuran aspal AC-WC.

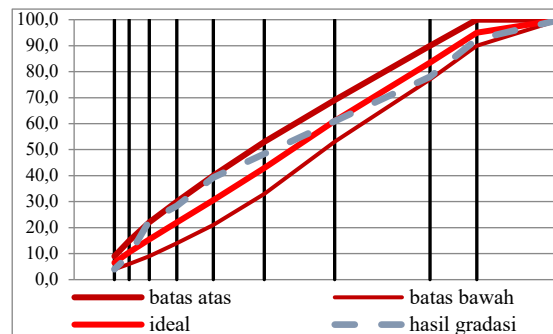
Tabel 1. Jumlah Benda Uji yang Dibutuhkan

Persentase <i>Filler</i>	Variasi kadar aspal	Jumlah sampel
Hijau	%	(bh)
0%	6.5	12
4%	6.5	12
6%	6.5	12
8%	6.5	12
10%	6.5	12
Total		60

Sumber: Data Penulis 2025

2.6 Komposisi Campuran

Untuk menentukan persentase setiap campuran agregat dalam campuran agregat gabungan, digunakan metode *trial and error*. Perhitungan dilakukan dengan mengalikan persentase masing-masing agregat dengan persentase yang lolos pada setiap saringan. Hasil perkalian tersebut kemudian dijumlahkan untuk memperoleh persentase akhir agregat gabungan.



Gambar 3. Grafik Gabungan Analisa Saringan
Sumber: data Penulis 2025

Perhitungan komposisi agregat gabungan pada campuran AC-WC dilakukan menggunakan metode *trial and error* untuk memastikan gradasi akhir sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga Revisi 2,2018. Setiap jenis agregat dihitung dengan cara mengalikan persentase fraksinya dengan persentase lolos pada masing-masing saringan. Hasilnya kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan distribusi gradasi total campuran.

Tabel 2. Komposisi Campuran Benda Uji

NAMA MATERIAL	KANDUNGAN FILLER				
	0%	4%	6%	8%	10%
Agregat kasar	78,54	78,54	78,54	78,54	78,54
Agregat sedang	448,80	448,80	448,80	448,80	448,80
Agregat halus	594,66	570,87	558,98	547,09	535,19
<i>Filler</i>	0,00	23,79	35,68	47,57	59,47
Aspal	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00
Berat benda uji	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0

Sumber: Data Penulis 2025

Berdasarkan hasil perhitungan, kombinasi agregat kasar 7%, agregat sedang 40%, dan agregat halus 53% menghasilkan gradasi campuran dengan total persentase yang berada dalam batas maksimum dan minimum AC-WC. Persentase campuran yang dihasilkan juga mendekati gradasi ideal, sehingga dapat disimpulkan bahwa komposisi tersebut sesuai standar dan layak digunakan dalam campuran AC-WC.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Material

Sebelum proses pengujian dan perancangan campuran dilakukan, seluruh material yang digunakan terlebih dahulu harus melalui pengujian sifat fisik dan karakteristiknya sesuai dengan standar dan spesifikasi yang berlaku..

1. Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

Berikut hasil pengujian dari karakteristik aspal penetrasi 60/70.

Tabel 3. Hasil Pengujian Aspal

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar
Uji penetrasi	65,7	SNI 2456-1991
Uji berat jenis	1,032 gr/ml	SNI 2441:2011
Uji titik nyala	227,5°C	SNI 2433-2011
Uji daktilitas	104 cm	SNI 2432-2011
Uji titik lembek	51,5°C	SNI 2434-2011

Sumber: Data Penulis 2025

Hasil pengujian aspal penetrasi 60/70 menunjukkan nilai penetrasi sebesar 65,7 dmm, yang masih berada dalam rentang persyaratan 60–79. Pengujian daktilitas juga memenuhi ketentuan dengan nilai 104 cm, lebih besar dari syarat minimum 100 cm. Selain itu, tingkat kekentalan aspal telah memenuhi kriteria sehingga mendukung proses pencampuran dan pematatan yang baik. Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian, aspal yang digunakan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga dan dinyatakan layak sebagai bahan pengikat dalam campuran beraspal.

2. Pengujian Agregat Halus

Berikut hasil pengujian karakteristik material agregat halus.

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Hasil Pengujian	Standar
Uji Gradasi	3,01	SNI 03-1968-2000
Uji Kadar Lumpur	0,85	SNI 03-4141-1996
Uji Berat Jenis	2,6	SNI 1969-2016
Uji Penyerapan Air	2,6	SNI 1969-2016

Sumber: data Penulis 2025

Dari pengujian berat jenis agregat kasar, rata-rata menghasilkan nilai di atas 2,6 dan nilai penyerapan agregat sebesar kurang dari 3%. Besar kecilnya suatu nilai penyerapan sangat berpengaruh terhadap banyaknya aspal yang akan digunakan untuk menyelimuti permukaan agregat dalam campuran. Agregat halus yang juga berasal dari lokasi yang sama juga di uji sifat fisiknya. Hasil pengujian agregat halus terdapat dalam.

3. Pengujian Agregat Kasar

Berikut hasil pengujian karakteristik material agregat kasar.

Tabel 5. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Hasil Pengujian	Standar
Uji Gradasi	7,61	Bina Marga 2018
Uji Kadar Lumpur	0,6	SNI 03-4141-1996
Uji Berat Jenis	2,8	SNI 03-4141-1996
Uji Penyerapan Air	1,5	SNI 03-4141-1996

Sumber: data Penulis 2025

Dari pengujian berat jenis agregat kasar, rata-rata menghasilkan nilai di atas 2,8 dan nilai penyerapan agregat sebesar kurang dari 3%. Besar kecilnya suatu nilai penyerapan sangat berpengaruh terhadap banyaknya aspal yang akan digunakan untuk menyelimuti permukaan agregat dalam campuran. Agregat halus yang juga berasal dari lokasi yang sama juga di uji sifat fisiknya. Hasil pengujian agregat halus terdapat dalam.

4. Hasil Pengujian *Filler*

Pengujian untuk *filler* abu serabut kelapa dilakukan pada penelitian ini. Seperti terlihat pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Pengujian *filler*

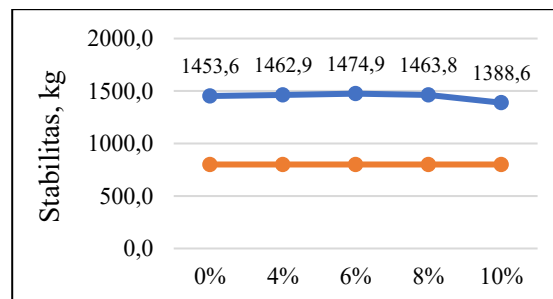
Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Nilai Batas	Standar
Lolos saringan No.200	100%	≥	SNI 03 6723-2002

Sumber: data Penulis 2025

3.2 Analisis dan Hasil Pengujian Campuran AC-WC

1. Stabilitas

Menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi nilai batas untuk stabilitas yaitu sebesar 800 kg. Dari hasil pengujian dengan metode *Marshall* diperoleh hasil sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar *Filler*

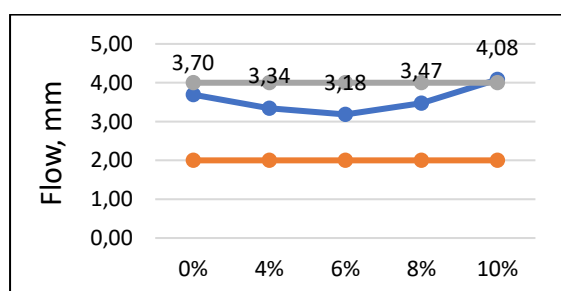
Sumber: data Penulis 2025

Berdasarkan Gambar 3. dapat dilihat bahwa kandungan *filler* ASK 6% merupakan nilai stabilitas

tertinggi (1474,9 kg) dan yang terendah dengan kandungan *filler* ASK 10% (1388,6 kg).

2. Kelelahan (*flow*)

Nilai kelelahan menunjukkan tingkat perubahan bentuk yang dialami oleh lapisan perkerasan karena pengaruh beban yang ada di atasnya. Besarnya nilai kelelahan umumnya mengalami penurunan dan peningkatan seiring perubahan kadar aspal dalam campuran, karena semakin besar aspal yang menyelimuti agregat dapat mengurangi kekakuan ikatan antaragregat sehingga campuran menjadi lebih lentur. Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3, nilai kelelahan yang dipersyaratkan berada pada rentang 2–4 mm.



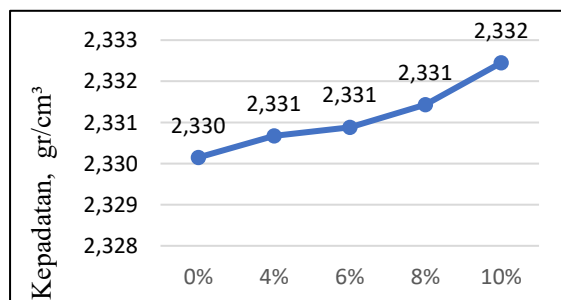
Gambar 4. Grafik Hubungan *Flow* dengan Kadar *Filler*

Sumber: data Penulis 2025

Berdasarkan Gambar 4 dapat diringkas bahwa nilai kelelahan paling besar terdapat pada kandungan *filler* ASK 10% (4,08 mm) tetapi diluar batas yang sudah ditentukan spesifikasi, sedangkan yang terendah pada kandungan *filler* AKK 6% (3,18 mm).

3. Kepadatan

Nilai kepadatan (*density*) membuktikan tingkat kerapatan campuran aspal yang dipengaruhi oleh mutu material, komposisi campuran, dan metode pemadatan. Campuran dengan gradasi baik dan porositas rendah umumnya memiliki kepadatan lebih tinggi sehingga lebih mampu menahan beban. Sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2 Tahun 2018, nilai kepadatan minimum yang dipersyaratkan adalah 2,228 gr/cm³.



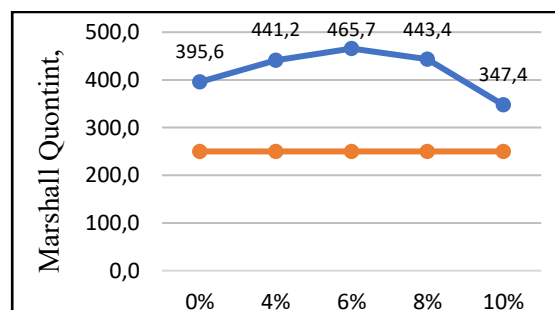
Gambar 5. Grafik Hubungan *Flow* dengan Kadar *Filler*

Sumber: data Penulis 2025

Grafik kepadatan menunjukkan kenaikan nilai pada seluruh variasi kadar *filler* abu serabut kelapa, mulai dari 0% hingga 10%, menunjukkan nilai kepadatan di atas syarat minimum 2,228 gr/cm³ sesuai Spesifikasi Bina Marga 2018

4. Marshall Quotient

Marshall Quotient adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow* yang digunakan untuk memicu keseimbangan antara daya tahan dan pencampuran campuran. Jika nilai MQ terlalu tinggi, hal itu menunjukkan bahwa campuran cenderung kaku dan berisiko untuk mengalami retak, sementara nilai yang terlalu rendah menunjukkan bahwa campuran rentan terhadap kualitas tinggi. Syarat minimum dari nilai *MQ* adalah 250kg/mm.

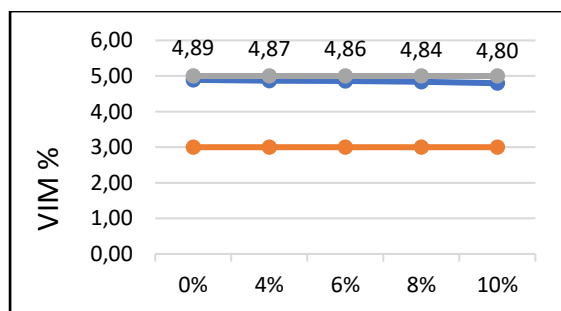


Gambar 6. Grafik Hubungan *Filler* dengan *MQ*

Berdasarkan grafik dan tabel *Marshall Quotient*, seluruh variasi kadar *filler* abu serabut kelapa memenuhi syarat minimum 250 kg/mm sesuai Spesifikasi Bina Marga Revisi 2 Tahun 2018. Nilai MQ meningkat dari kadar 0% hingga mencapai nilai tertinggi pada 6% sebesar 465,7 kg/mm, yang menunjukkan bahwa pada kadar tersebut campuran memiliki keseimbangan terbaik antara kekuatan dan kelelahan, sehingga bersifat cukup kaku namun tetap aman terhadap retak.

5. Void in the Mix (*VIM*)

Void in Mix (VIM) merupakan persentase rongga udara yang tersisa pada campuran aspal setelah proses pemadatan. Nilai *VIM* yang sesuai sangat berperan penting dalam menjaga keseimbangan antara tingkat kekencangan dan kelenturan campuran. Nilai *VIM* yang terlalu rendah dapat memicu terjadinya pendarahan akibat jumlah rongga yang tidak mencukupi sehingga mengakibatkan aspal berlebih, sedangkan *VIM* yang terlalu tinggi menyebabkan campuran menjadi lebih keropos dan sensitif terhadap kerusakan seperti oksidasi dan retak. Oleh karena itu, nilai *VIM* yang dibutuhkan berada pada kisaran 3–5%.

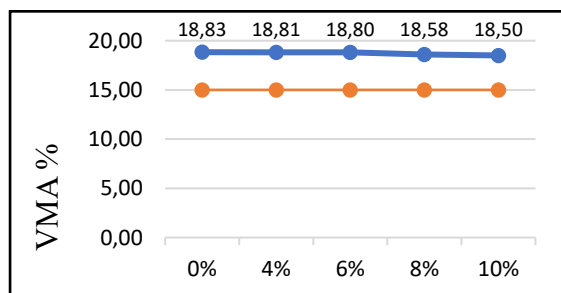


Gambar 7. Grafik Hubungan Nilai *filler* dengan *VIM*
Sumber: data Penulis 2025

Grafik *VIM* terlihat relatif datar dari 0% hingga 6%, lalu sedikit menurun pada 8% dan 10%. Penurunan kecil ini menunjukkan bahwa penambahan *filler* meningkatkan tingkat pengisian rongga oleh aspal, sehingga rongga udara sedikit berkurang. Namun, grafik tetap berada dalam zona aman 3–5%,

6. Void in Mineral Aggregate (*VMA*)

Void in Mineral Aggregate (VMA) merupakan proporsi ruangan kosong di antara butiran agregat dalam suatu campuran yang sudah dimampatkan dibandingkan dengan volume keseluruhan campuran. Nilai *VMA* yang terlalu rendah dapat menyebabkan lapisan aspal menjadi terlalu tipis, sehingga ikatan antar agregat tidak maksimal dan berpotensi menyebabkan lepasnya agregat dan mempercepat kerusakan perkerasan. Oleh karena itu, Bina Marga menetapkan syarat nilai *VMA* minimal sebesar 15%.



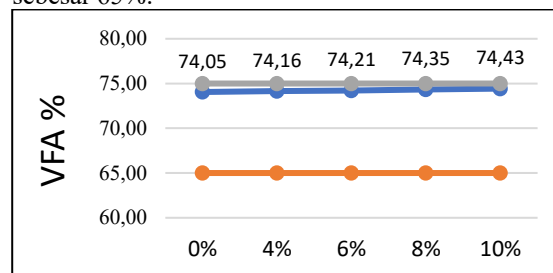
Gambar 8. Grafik Hubungan *Filler* dengan *VMA*
Sumber: data Penulis 2025

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai *VMA* terbesar terdapat pada penggunaan *filler* ASK 0% (18,83 %) dan terkecil pada *filler* ASK 14 % (18,50 %). Semakin besar kadar *filler* ASK dalam campuran maka membutuhkan aspal yang banyak juga untuk menyelimuti agregat dan mengisi rongga dalam campuran perkerasan.

7. Void Filled with Asphalt (*VFA*)

Nilai *VFA* adalah persentase rongga pada agregat mineral yang terisi aspal efektif, tanpa memperhitungkan aspal yang terserap oleh agregat. Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Revisi 3 Tahun

2010, nilai *VFA* yang dipersyaratkan minimal sebesar 65%.



Gambar 9. Grafik Hubungan *Filler* dengan *VFA*
Sumber: data Penulis 2025

Terlihat bahwa garis grafik cenderung menaik perlahan dari kadar *filler* 0% hingga 10%. Kenaikan nilai *VFA* berlangsung sangat halus, menunjukkan bahwa penambahan *filler* abu serabut kelapa membuat rongga agregat terisi aspal dengan lebih baik,

3.3 Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa seluruh material penyusun campuran AC-WC dengan *filler* abu serabut kelapa sesuai dengan persyaratan standar yang berlaku. Aspal penetrasi 60/70 memenuhi SNI 2441-2011 dengan nilai penetrasi 65,7 dmm, titik lembek 51,75°C, daktilitas 104 cm, titik nyala 233,5°C, dan berat jenis 1,032 gr/cm³. Agregat halus dan agregat kasar juga memenuhi Spesifikasi Bina Marga, ditinjau dari gradasi, kadar lumpur (<1%), berat jenis, serta penyerapan air (<3%). Abu serabut kelapa sebagai *filler* memiliki tingkat kehalusan yang memadai dengan kelolosan lebih dari 90% pada saringan No.200, sehingga layak digunakan sebagai bahan pengisi.

Tabel 4. Hasil Uji Karakteristik *Marshall*

Parameter	Syarat Bina Marga	0%	4%	6%	8%	10%
Stabilitas (kg)	> 800	1453.6	1462.9	1474.9	1463.8	1388.6
Flow (mm)	2-4	3.70	3.34	3.18	3.47	4.08
Density (kg/mm)	> 2,228	2.330	2.331	2.331	2.331	2.332
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	> 250	395.6	441.2	465.7	443.4	347.4
<i>VIM</i> (%)	3-5	4.89	4.87	4.86	4.84	4.80
<i>VMA</i> (%)	> 15	18.83	18.81	18.80	18.58	18.50
<i>VFA</i> (%)	65-75	74.05	74.16	74.21	74.35	74.43

Sumber: data Penulis 2025

Dari tabel *Marshall* dilakukan pada campuran AC-WC dengan variasi *filler* abu serabut kelapa sebesar 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh parameter utama *Marshall*, yaitu stabilitas, kepadatan, *VMA*, *VFA*, dan *VIM*, memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018 pada semua variasi, kecuali nilai *flow* pada kadar 10% yang melebihi batas maksimum. Nilai stabilitas meningkat dari variasi 0% hingga mencapai nilai tertinggi pada kadar *filler* 6% sebesar 1474,9 kg, kemudian menurun pada kadar 8% dan

10%. Nilai *flow* berada dalam rentang ideal 2–4 mm hingga kadar 8%, namun meningkat menjadi 4,08 mm pada kadar 10%, yang menunjukkan kecenderungan campuran menjadi lebih plastis.

Marshall Quotient menunjukkan pola serupa, dengan nilai tertinggi pada kadar *filler* 6% sebesar 465,7 kg/mm, yang mencerminkan keseimbangan optimal antara kekuatan dan deformasi. Parameter volumetrik (*VIM*, *VMA*, dan *VFA*) pada seluruh variasi *filler* tetap berada dalam batas standar, menandakan struktur rongga dan pengisian aspal yang baik. Berdasarkan seluruh hasil pengujian, kadar *filler* abu serabut kelapa sebesar 6% merupakan kadar optimum karena menghasilkan stabilitas tertinggi, *flow* ideal, *Marshall Quotient* maksimum, serta karakteristik volumetrik yang memenuhi spesifikasi. Dengan demikian, abu serabut kelapa terbukti layak digunakan sebagai *filler* alternatif ramah lingkungan pada campuran AC-WC.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* pada campuran AC-WC dengan variasi *filler* abu serabut kelapa 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10%, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh Abu Serabut Kelapa terhadap Karakteristik *Marshall*. Penambahan abu serabut kelapa sebagai *filler* memberikan pengaruh positif terhadap kinerja campuran AC-WC pada kadar 0–8%. Nilai stabilitas meningkat dan mencapai maksimum pada kadar 6%, sementara nilai *flow*, kepadatan, *VIM*, *VMA*, dan *VFA* masih sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018. Pada kadar 10% terjadi penurunan stabilitas dan peningkatan *flow* yang melampaui batas, menunjukkan campuran menjadi lebih plastis dan kurang stabil.
2. Kadar Optimum Abu Serabut Kelapa Kadar *filler* abu serabut kelapa sebesar 6% merupakan komposisi optimum, karena menghasilkan stabilitas tertinggi sebesar 1474,9 kg, nilai *flow* 3,18 mm, dan *Marshall Quotient* 465,7 kg/mm. Seluruh parameter volumetrik juga berada dalam batas spesifikasi, sehingga campuran memiliki keseimbangan optimal antara kekuatan dan fleksibilitas.

4.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi kadar *filler* yang lebih rapat untuk memperoleh nilai optimum yang lebih presisi.
2. Diperlukan analisis sifat fisik dan kimia abu serabut kelapa secara lebih mendalam untuk memahami mekanisme ikatannya dalam campuran aspal.

3. Untuk penerapan di lapangan, perlu dilakukan kajian biaya dan evaluasi ekonomi guna menilai efisiensi penggunaan abu serabut kelapa sebagai *filler* alternatif.
4. Pada skala industri, diperlukan pengendalian mutu proses pembakaran abu serabut kelapa agar karakteristik material lebih seragam dan performa campuran tetap konsisten.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Amiawati, Setiobudi, A., & Elfendi, R. (2023). Pengaruh Penambahan Abu Serabut Kelapa Desa Jejawi sebagai *Filler* Pengganti Pada Campuran Aspal AC WC. *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, 7(1),80–86. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v7i1.8798>
- Bagus Fajri, F. R. (2025). *ANALISIS PENGARUH FILLER ABU SERABUT KELAPA TERHADAP STABILITAS DAN KEPADATAN PADA ASPAL AC-WC NR BAGUS*. 8(1), 103–109.
- Elvira, H., Putri, A., & Widayanti, A. (2023). *Pengaruh Pemanfaatan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Aspal Lapis AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) The Impact Of Utilization Coconut Shell Ash As Filler In Asphalt Mixture AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course. I(April)*, 107–119.
- FarlinRosyad, A. A. F. (2024). *ANALISIS PENGARUH ABU SABUT KELAPA SEBAGAI BAHAN PENGISI CAMPURAN ASPAL PADA LAPISAN AC-WC*. 6.
- Kurniawan, L. (2022). *PENGARUH PENAMBAHAN SABUT KELAPA SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC MENGGUNAKAN ASPAL MINYAK SEBAGAI PENGIKAT*.
- Nisumanti, S., Putri, Y. E., Desromi, F., Qubro, K. Al, Saripudin, S., & Fikri, M. (2025). Inovasi Material Berkelanjutan: Optimasi Penggunaan Abu Sabut Kelapa sebagai Alternatif *Filler* pada Aspal Beton. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(1), 379. <https://doi.org/10.33087/talentsipil.v8i1.861>
- Patelle, T., & Fitriani, E. B. (2024). *Pemanfaatan Abu Serabut Kelapa Sebagai Substitusi Filler Dalam Campuran AC-WC Menggunakan Agregat Sungai Pappa*. 6(3), 528–537.
- Rifani, A. (2024). *PENGARUH PEMANFAATAN ABU SERABUT KELAPA SEBAGAI BAHAN TAMBAH AGREGAT HALUS TERHADAP STABILITAS PADA CAMPURAN PADA ASPAL AC-WC DENGAN METODE MARSHAL TEST*.
- RSNI-M-01-2003. (2003). *Metode pengujian campuran beraspal panas dengan alat Marshall I*. 1–18.
- Safriani, M., & Febrianti, D. (2018). Analisis

Pengaruh Penggunaan Abu Sabut Kelapa Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Retona Blend. *Jurnal Teknik Sipil Dan Teknologi Konstruksi*, 2(2), 69–78.
<https://doi.org/10.35308/jts-utu.v2i2.388>

Spesifikasi Umum Bina Marga revisi. (2018). *KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA SPESIFIKASI UMUM 2018 UNTUK PEKERJAAN KONSTRUKSI JALAN DAN JEMBATAN (REVISI 2)* (Issue Revisi 2).

Syah, I., & Agustapraja, H. R. (2023). *Pemanfaatan Abu Serabut Kelapa dan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Kuat Tekan Beton*. 21(1), 112–120.

Winardi M. F. Sumardi, Lucia G. J. Lalamentik, T. K. S. (2022). *Pemanfaatan Abu Serbuk Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Aspal Beton (AC-BC) Terhadap Nilai Pengujian Marshall Winardi*.