

ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK KULIT KERANG HIJAU SEBAGAI *FILLER* PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*)

ANALYSIS OF THE EFFECT OF USING GREEN MUSSEL WASTE POWDER AS *FILLER* IN ASPHALT MIXTURE AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*)

Khuseen Aris Putra Prayoga¹, Kholidia Ayunaning²

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

**Email: khuseenarisputraprayoga@gmail.com*

Artikel histori:

Submitted 22 Nov 2025

Revised 30 Nov 2025

Accepted 22 Des 2025

Online 22 Des 2025

ABSTRAK: Pembangunan infrastruktur jalan di Indonesia membutuhkan material yang berkualitas, ekonomis, dan ramah lingkungan. Penelitian ini mengkaji pemanfaatan limbah cangkang kerang hijau sebagai alternatif *filler* pada campuran aspal AC-WC, yang tersedia melimpah di Kabupaten Gresik. Pengujian Marshall dilakukan dengan variasi kadar *filler* 0% hingga 14%. Parameter yang dianalisis meliputi stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, kepadatan, serta sifat volumetrik. Hasil studi mengindikasikan bahwa pemanfaatan bubuk dari cangkang kerang hijau meningkatkan ketahanan, densitas, dan stabilitas terhadap perubahan bentuk, meskipun nilai aliran mengalami penurunan tetapi tetap dalam batas normal. Kandungan bahan pengisi yang paling ideal tercapai pada 12% karena seluruh parameter Marshall dan volumetrik memenuhi standar yang ditetapkan oleh Bina Marga. Oleh karena itu, bubuk cangkang kerang hijau dapat dipertimbangkan sebagai alternatif pengisi dalam campuran aspal AC-WC.

Kata kunci: Filler Alternatif, Cangkang Kerang Hijau, Campuran Aspal Panas, Stabilitas Marshall, Pembangunan Berkelanjutan.

ABSTRACT: The development of road infrastructure in Indonesia requires high-quality, economical, and environmentally friendly materials. This study investigates the use of green mussel shell waste as an alternative filler in AC-WC asphalt mixtures, which is abundantly available in Gresik Regency. Marshall tests were conducted with filler contents of 0% to 14%. The evaluated parameters included stability, flow, Marshall Quotient, density, and volumetric properties. The study results indicate that the use of green mussel shell powder increases the resistance, density, and stability against deformation, although the flow value decreases but remains within normal limits. The most ideal filler content is achieved at 12% because all Marshall and volumetric parameters meet the standards set by Bina Marga. Therefore, green mussel shell powder can be considered as an alternative filler in AC-WC asphalt mixtures.

Keywords: *Alternative Filler, Green Mussel Shell, Hot Mix Asphalt, Marshall Stability, Sustainable Development.*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur jalan mempunyai peran strategis dalam mendukung mobilitas, memperkuat konektivitas wilayah, dan mendorong pertumbuhan ekonomi. Untuk menjamin mutu perkerasan lentur maka perlu digunakan campuran aspal yang tersusun dari bahan yang memenuhi standar teknis dan mempunyai kinerja yang optimal. Salah satu elemen krusial dalam campuran aspal panas adalah pengisi (*filler*) yang berperan dalam mengisi celah di antara partikel agregat, sehingga juga membantu memperbaiki kepadatan, stabilitas, dan kekuatan dari struktur campuran aspal tersebut.

Filler yang umum digunakan seperti semen, kapur, dan abu batu memiliki keterbatasan, antara lain berasal dari sumber daya alam tak terbarukan, menghasilkan emisi karbon yang besar, serta biaya pembuatan yang cenderung tinggi. Maka dari itu, diperlukan pengembangan opsi bahan pengisi yang lebih ramah lingkungan, memiliki nilai ekonomi, dan mudah diakses, salah satunya dengan memanfaatkan sisa cangkang kerang hijau sebagai bahan pengisi.

Di Kabupaten Gresik, limbah cangkang kerang hijau tersedia melimpah akibat tingginya konsumsi hasil laut, namun belum dimanfaatkan secara optimal dan berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa serbuk cangkang mempunyai potensi untuk digunakan sebagai bahan konstruksi, termasuk sebagai bahan pengisi campuran aspal, dengan hasil yang menunjukkan peningkatan stabilitas dan perbaikan parameter karakteristik *Marshall*.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, nilai optimum *filler* cangkang kerang berada di kisaran 12–12,5%. Dengan demikian, studi ini dimaksudkan untuk mengevaluasi dampak pemanfaatan bubuk cangkang kerang hijau sebagai substitusi filler dalam campuran aspal AC-WC dengan variasi kadar antara 4% sampai 14%, guna mengetahui kadar optimum yang memenuhi persyaratan teknis, serta mendukung pengembangan bahan konstruksi berkelanjutan dan ramah lingkungan khususnya di wilayah pesisir seperti Kabupaten Gresik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Juni - Juli 2025. Untuk pengambilan, pengujian sampel, dan pembuatan objek uji. Studi ini dilaksanakan di lokasi Laboratorium Material dan Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Gresik Jl. Sumatera No. 101 GKB, Kabupaten Gresik, Jawa Timur, Indonesia.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2 Pengumpulan Data

Pada pengumpulan data dipaparkan secara menyeluruh hasil berbagai pengujian laboratorium yang telah dilakukan, dimulai dari pemeriksaan sifat fisik material utama, yaitu aspal, agregat, serta serbuk cangkang kerang hijau yang berfungsi sebagai *filler*. Selanjutnya, pada pengumpulan data ini memaparkan hasil pengujian campuran aspal AC-WC dengan beberapa variasi penambahan serbuk cangkang kerang hijau. Uji *Marshall* digunakan untuk memperoleh data mengenai stabilitas, kelelahan (*flow*), *Void in the Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), dan *Void Filled with Asphalt* (VFA) pada tiap variasi campuran. Seluruh hasil tersebut kemudian dianalisis untuk menilai pengaruh penggunaan serbuk cangkang kerang hijau terhadap kinerja campuran aspal AC-WC serta untuk memastikan apakah nilai yang diperoleh telah sesuai dengan ketentuan teknis dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

2.3 Metode Marshall Analisa Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Kulit Kerang Hijau Pada Campuran Aspal

Metode *Marshall* merupakan pengujian laboratorium yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja campuran aspal panas berdasarkan parameter kekuatan, rendemen, dan karakteristik volumetrik. Pengujian ini bertujuan untuk menilai kemampuan campuran aspal dalam menahan beban lalu lintas dan menentukan kandungan material optimum yang memenuhi persyaratan teknis yang berlaku.

Dalam pelaksanaannya, sampel campuran aspal AC-WC diproduksi dengan berbagai tingkat pengisi, menggunakan bubuk cangkang kerang hijau. Setiap sampel dipadatkan dengan alat pemadatan *Marshall* dengan sejumlah pukulan sesuai dengan pedoman standar Bina Marga. Setelah proses pemadatan selesai, sampel direndam dalam bak air pada suhu sekitar $\pm 60^{\circ}\text{C}$ selama 30-40 menit sebelum pengujian dilakukan.

Pengujian *Marshall* dengan menggunakan alat uji *Marshall* untuk mendapatkan nilai kestabilan dan aliran. Nilai stabilitas mewakili kemampuan campuran aspal dalam menahan beban maksimum sebelum mengalami kerusakan, sedangkan aliran menunjukkan besarnya deformasi plastis yang terjadi pada saat beban maksimum tercapai. Selain itu, *Marshall Quotient* (MQ) dihitung sebagai

Perbandingan kestabilan dan aliran yang digunakan untuk menentukan seberapa keras campuran aspal.

Selain parameter *Marshall*, dilakukan pula analisis karakteristik volumetrik yang meliputi *Void in Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), dan *Void Filled with Asphalt* (VFA). Parameter-parameter tersebut digunakan untuk mengevaluasi tingkat kepadatan, rongga udara, dan kemampuan aspal dalam mengisi rongga agregat. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan spesifikasi Bina Marga untuk menentukan kinerja campuran serta kadar *filler* optimum.

2.4 Alat dan Bahan

1. Alat

Sebelum melakukan pengujian kita harus mempersiapkan alat-alat yang akan digunakan, serta memeriksa kebersihan dan kondisi alat untuk menghindari terjadinya gangguan pada proses pelaksanaan, alat yang digunakan adalah:

- a. Alat uji pemeriksaan agregat.
 - b. Alat uji pemeriksaan aspal.
 - c. Alat *Marshall*.
 - d. Benda uji yang dicetak memiliki diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm, dibekali dengan leher sambungan dan pelat alas.
 - e. Alat penumbuk memiliki permukaan datar berbentuk silinder, seberat 4,54 kg, dengan ketinggian jatuh bebas mencapai 45,7 cm.
 - f. Oven dengan suhu mencapai **200°C**.
 - g. *Water batch* atau bak rendaman dengan suhu mulai **10 – 100°C**.
 - h. Timbangan.
 - i. Perlengkapan lainnya.
- ### 2. Bahan
- a. Agregat yang berasal dari CV. Mitra Kencana Klangonan, Kec. Kebomas, Kabupaten Gresik.
 - b. *Filler* Serbuk Kulit Kerang Hijau yang diperoleh dari limbah di daerah Desa Banyuurip, Kec. Ujungpangkah.
 - c. Aspal Pen 60/70 diperoleh dari Laboratorium Teknik Sipil.

2.5 Prosedur Pengujian

Sebelum pelaksanaan pengujian campuran beraspal, seluruh material yang digunakan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan karakteristik untuk memastikan kesesuaiannya dengan ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3.

1. Pengujian Agregat

a. Agregat Halus

Dalam pemeriksaan karakteristik agregat halus ada beberapa pengujian yang harus dilakukan, yaitu:

- 1) Berat jenis dan penyerapan agregat (SNI 1997-2008)
- 2) Jumlah agregat lolos saringan nomor 200 (SNI 03-4142-1996)

b. Agregat Kasar

Agregat kasar yang dipakai dalam penelitian ini adalah agregat yang berasal dari penggilingan batu (kerikil yang sudah dihancurkan) yang memiliki ukuran butir yang dapat melewati saringan 3/4 inci dan terjebak pada saringan nomor 8, sehingga memenuhi kriteria gradasi agregat kasar yang dipersyaratkan dalam campuran aspal. Bentuk pengujian terdiri dari:

- 1) Berat jenis dan penyerapan agregat (SNI 1997-2008)

1. Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

Sebelum digunakan untuk penelitian, aspal pen 60/70 yang berada di laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhamaddiyah Gresik dilakukan pengujian karakteristik aspal yang akan digunakan. Pengujiannya antara lain yaitu:

- a. Berat Jenis Aspal (SNI 06-2441-1991)
- b. Titik Lembek Aspal (SNI 06-2434 1991)
- c. Penetrasi Aspal (SNI 06-2456-1991)
- d. Daktilitas Aspal (SNI 06-2432-1991)
- e. Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 06 2433-1991)

2. Pengujian Bahan *Filler*

Filler yang akan digunakan adalah kulit kerang sesudah disaring dengan menggunakan saringan nomor 200, sedangkan untuk pengujian sifat kimia tidak dilakukan dalam penelitian ini, karena mengacu kepada penelitian terdahulu.

3. Pengujian *Marshall*

Dalam perencanaan pengujian ini menggunakan aspal *hot mix* dengan lalu lintas berat sesuai Spesifikasi Bina Marga. Untuk pengujiannya kadar *filler* yang direncanakan sebesar 0%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12% dan 14%. Jumlah sampel setiap kadar dan variasi sebanyak 12 buah.

2.6 Desain Campuran

1. Jumlah sampel yang dibutuhkan

Dengan menetapkan jumlah benda uji sebanyak 12 untuk setiap variasi, penelitian ini memerlukan total 84 sampel. Semua sampel tersebut digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) yang dijelaskan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji yang digunakan

Persentase <i>Filler</i> Serbuk Kerang Hijau	Jumlah sampel kadar aspal (bh)	Variasi kadar aspal %	Jumlah sampel (bh)
0%	12	6.5	12
4%	12	6.5	12
6%	12	6.5	12
8%	12	6.5	12
10%	12	6.5	12
12%	12	6.5	12
14%	12	6.5	12
Total			84

Setelah mendapatkan nilai kadar aspal optimum untuk setiap variasi proporsi filler, langkah berikutnya adalah menyiapkan kembali benda uji. Pada tahap ini, digunakan kadar aspal optimum tersebut dan dilakukan pengukuran Marshall pada kadar aspal sebesar 6,5% untuk setiap variasi. Diperoleh sebanyak 12 buah benda uji dengan total 84 buah benda uji.

2. Langkah-langkah persiapan bahan untuk benda uji

Sebelum melakukan pengujian, agregat dan filler dikeringkan di dalam oven pada suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$ kemudian dipisahkan menggunakan saringan sesuai ukuran berdasarkan fraksi yang akan ditentukan. Persentase agregat ditentukan berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 mengenai gradasi agregat gabungan AC-WC. Setiap material seperti aspal, agregat dan filler dipersiapkan sesuai komposisi yang telah ditentukan dengan total berat ± 1200 gram.

3. Pembuatan benda uji

Tahapan pembuatan benda uji Marshall sebagai berikut:

- a. Menyiapkan campuran
- b. Menyiapkan benda uji
- c. Pematatan benda uji
 - a) Semua peralatan pencetakan untuk objek uji dan permukaan penghancuran dibersihkan secara menyeluruh, kemudian dipanaskan hingga suhu antara 90°C dan 150°C .
 - b) Cetakan diletakkan di atas alas pematat dan diatur dengan benar menggunakan penahan cetakan.
 - c) Kertas saring atau kertas penyerap diletakkan di bagian bawah cetakan dengan diameter yang sesuai.
 - d) Campuran aspal dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian diratakan dengan menekan campuran menggunakan spatula yang dipanaskan sebanyak 15 kali di bagian tepi dan 10 kali di bagian tengah.
 - e) Kertas saring atau kertas penyerap kemudian diletakkan di atas campuran dengan ukuran yang sesuai untuk cetakan.
 - f) Campuran dipadatkan pada suhu yang sesuai dengan viskositas aspal yang digunakan, dengan cara dipukul sebanyak 75 kali untuk kondisi lalu lintas berat.
- d. Pelat dasar dan leher penghubung dilepas dari cetakan objek uji, kemudian cetakan yang berisi objek uji dibalik, lalu pelat dasar dan leher penghubung dipasang kembali pada posisi cetakan yang telah dibalik.
- e. Permukaan objek uji yang telah dibalik kemudian dipadatkan kembali dengan jumlah benturan yang sama seperti pada tahap sebelumnya.

- f. Setelah campuran mengeras, pelat dasar diangkat dan alat pelepas dipasang di ujung spesimen yang akan diuji.
 - g. Selanjutnya, objek yang akan diuji dikeluarkan dari cetakan dan diletakkan di permukaan datar, ditandai dengan label identifikasi, dan dibiarkan selama kurang lebih 24 jam pada suhu ruangan.
 - h. Jika percepatan proses pendinginan diperlukan, objek uji dapat didinginkan menggunakan kipas angin.
4. Pengukuran berat jenis campuran
- a. Membersihkan sampel dari kotoran yang menempel.
 - b. Tinggi setiap objek uji diukur menggunakan jangka sorong dengan presisi 0,1 mm, kemudian tinggi objek ditentukan dari rata-rata tiga pengukuran yang diambil.
 - c. Selanjutnya, objek uji ditimbang dalam keadaan kering untuk mendapatkan berat keringnya.
 - d. Objek uji direndam selama 24 jam pada suhu 25°C , kemudian ditimbang dalam air untuk menentukan beratnya dalam air.
 - e. Setelah itu, air di permukaan objek diuapkan dan ditimbang untuk mendapatkan berat objek dalam kondisi SSD.
5. Pengukuran stabilitas dan *flow* untuk Marshall
- a. Merendam benda uji di dalam *waterbath* dengan suhu 30° , 45° , dan 60° selama 30, 45 dan 60 menit.
 - b. Benda uji diambil dari tempat penyimpanan lalu diletakkan di bagian bawah kepala penekan alat uji Marshall.
 - c. Selanjutnya, segmen kepala penekan bagian atas dipasang dan seluruh rangkaian diletakkan pada mesin pengujian.
 - d. Alat pengukur kelelahan dipasang pada salah satu batang yang bersentuhan dengan segmen, kemudian jarum disetel pada posisi nol.
 - e. Nilai stabilitas ditentukan dengan mengalikan hasil pembacaan alat pengukur stabilitas dengan faktor kalibrasi proving ring dan juga dengan angka koreksi benda uji.
 - f. Nilai kelelahan (*flow*) dicatat sesuai dengan penunjukan jarum pada arloji kelelahan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis dan Hasil Pengujian Material Penelitian

Sebelum dilakukan pengujian dan penyusunan campuran, bahan yang akan digunakan harus diuji sifat dan karakteristiknya sesuai standar yang berlaku.

1. Hasil Pengujian Agregat

Hasil pengujian fisik agregat diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian	Hasil Pengujian	Standar
Uji Gradasi	7,67	SNI 03-1968-2000
Uji Kadar Lumpur	0,6	SNI 03-4141-1996
Uji Berat Jenis	2,5	SNI 1969-2016
Uji Penyerapan Air	1,52	SNI 1969-2016

Dari pengujian berat jenis agregat kasar, rata-rata menghasilkan nilai di atas 2,5 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 Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Hasil Pengujian	Standar
Uji Gradasi	3,01	Bina Marga 2018
Uji Kadar Lumpur	0,8	SNI 03-4141-1996
Uji Berat Jenis	2,60	SNI 03-4141-1996
Uji Penyerapan Air	2,66	SNI 03-4141-1996

2. Hasil Pengujian Filler

Pengujian untuk *filler* kerang hijau dilakukan pada penelitian ini. Seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian filler

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

3. Hasil Pengujian Penetrasi 60/70

Aspal yang diterapkan dalam penelitian ini adalah aspal dengan tingkat penetrasi 60/70. Pedoman yang digunakan dalam mendesain dan menerapkan campuran aspal didasarkan pada Spesifikasi Jalan Raya 2010, Revisi 3.

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh data sebagaimana disajikan pada Tabel 5 berikut.

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

Dari hasil pengujian aspal pen 60/70 diperoleh nilai penetrasi aspal sebesar 65,7 dmm, yang mana hasil tersebut memenuhi persyaratan nilai minimal 60 dan maksimal 79. Pada pengujian daktilitas juga sudah memenuhi syarat lebih besar dari 100 didapat sebesar 104 cm. Agar proses pencampuran dan pemadatan berjalan lancar dan hasil yang baik, maka kekentalan aspal yang akan digunakan harus diperhatikan. Berdasarkan seluruh hasil uji aspal, dapat disimpulkan bahwa aspal tersebut sesuai dengan standar Spesifikasi Umum Bina Marga dan layak untuk digunakan dalam campuran aspal.

3.2 Analisis dan Hasil Pengujian Campuran AC-WC

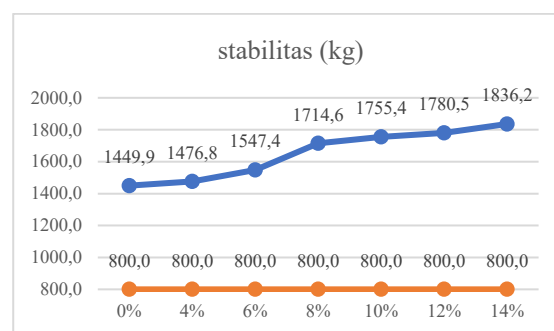
1. Kadar Aspal Optimum

Dalam menilai tingkat aspal ideal, pendekatan yang digunakan mengacu pada RSNI M-01-2003 dengan lima karakteristik Marshall yang menggambarkan grafik stabilitas, aliran, VIM, VMA, dan MQ. Setiap nilai yang diperoleh memiliki batasan yang ditentukan oleh Bina Marga.

2. Stabilitas

Sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3, batas nilai untuk stabilitas yang ditetapkan sebesar 800 kg. Berdasarkan pengujian dengan nilai KAO, hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut.

- Filler* 0% adalah 1449,9 kg
- Filler* 4% adalah 1476,8 kg
- Filler* 6% adalah 1547,4 kg
- Filler* 8% adalah 1714,6 kg
- Filler* 10% adalah 1755,4 kg
- Filler* 12% adalah 1780,5 kg
- Filler* 14% adalah 1836,2 kg



Gambar 3. Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar Filler

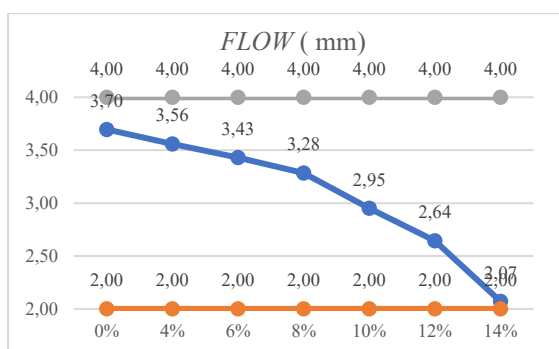
Berdasarkan Gambar 3. dapat dilihat bahwa kandungan *filler* 14% merupakan nilai stabilitas tertinggi (1836,2 kg) dan yang terendah dengan kandungan *filler* 0% (1449,9 kg).

3. Kelelahan (flow)

Nilai kelelahan menggambarkan sejauh mana lapisan perkerasan dapat mengalami deformasi akibat tekanan yang diberikan padanya, biasanya

nilai kelelahan cenderung turun dan naik sesuai jumlah kadar aspal dalam campuran, karena ikatan antara agregat yang diselimuti aspal lebih kecil mengakibatkan campuran menjadi lentur. Menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3, nilai batas untuk kelelahan yaitu 2-4 mm. Dari hasil pengujian dengan nilai KAO diperoleh hasil sebagai berikut.

- Filler 0% adalah 3,70 mm
- Filler 4% adalah 3,56 mm
- Filler 6% adalah 3,43 mm
- Filler 8% adalah 3,28 mm
- Filler 10% adalah 2,95 mm
- Filler 12% adalah 2,64 mm
- Filler 14% adalah 2,07 mm



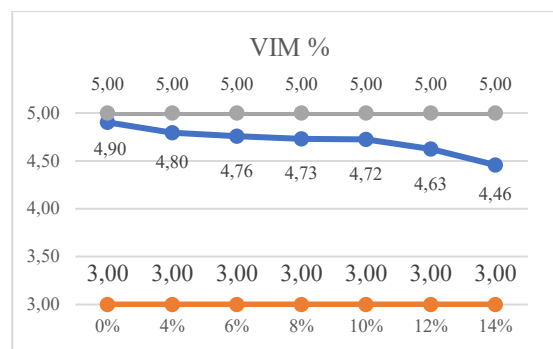
Gambar 4. Grafik Hubungan Flow dengan Kadar Filler

Berdasarkan Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa nilai deformasi paling besar terdapat pada kandungan filler 0% (3,7 mm) tetapi diluar batas yang sudah ditentukan spesifikasi ,sedangkan yang terendah pada kandungan filler 14% (2,07 mm).

4. Rongga Dalam Campuran (Void in the Mix/VIM)

Nilai Void in Mix (VIM) adalah persentase ruang udara dalam campuran yaitu ruang kosong di antara butiran agregat yang dihitung berdasarkan volume total campuran. Semakin tinggi kandungan aspal dalam campuran, semakin rendah nilai VIM, sehingga rongga udara semakin kecil. Apabila nilai VIM lebih kecil maka akan terjadi keluarnya aspal permukaan perkerasan, jika lebih besar maka perkerasan akan kedap air sehingga perkerasan akan cepat mengalami kerusakan. Untuk nilai VIM Bina Marga telah menetapkan batas yaitu 3-5. Dari hasil pengujian dengan nilai KAO diperoleh hasil sebagai berikut.

- Filler 0% adalah 4,90 %
- Filler 4% adalah 4,80 %
- Filler 6% adalah 4,76 %
- Filler 8% adalah 4,73 %
- Filler 10% adalah 4,72 %
- Filler 12% adalah 4,63 %
- Filler 14% adalah 4,46 %



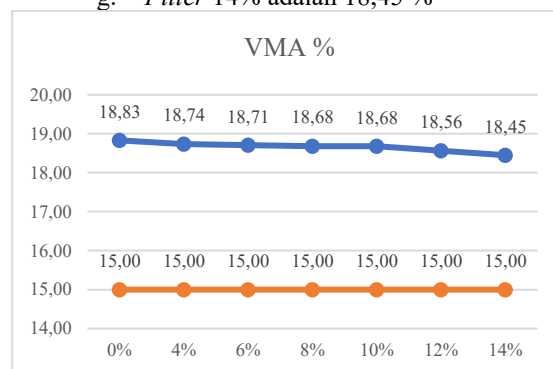
Gambar 5. Grafik Hubungan VIM dengan Kadar Filler

Berdasarkan Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa nilai VIM tertinggi terdapat pada kadar filler AKK 0% (4,90 %) dan yang terendah terdapat pada campuran filler AKK 14 %

5. Rongga Dalam Mineral Agregat (Void in Mineral Aggregate/VMA)

Void in Mineral Aggregate (VMA) adalah persentase rongga yang terletak di antara partikel agregat dalam campuran yang dipadatkan, yang dinyatakan dalam kaitannya dengan volume keseluruhan campuran. Apabila nilai VMA terlalu kecil maka mengakibatkan agregat mudah lepas karena lapisan aspal yang terlalu tipis dan akan mudah rusak. Nilai batas yang ditetapkan Bina Marga untuk nilai VMA adalah minimal 15%. Hasil pengujian dengan nilai KAO diperoleh sebagai berikut.

- Filler 0% adalah 18,83 %
- Filler 4% adalah 18,74 %
- Filler 6% adalah 18,71 %
- Filler 8% adalah 18,68 %
- Filler 10% adalah 18,68 %
- Filler 12% adalah 18,56 %
- Filler 14% adalah 18,45 %



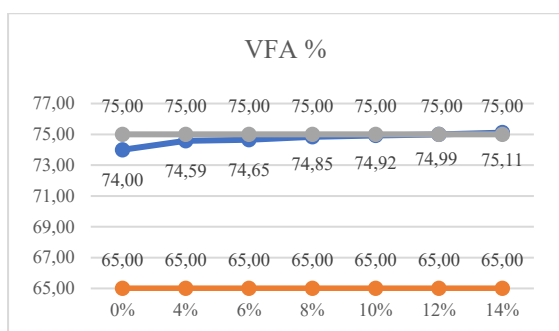
Gambar 6. Grafik Hubungan VMA dengan Kadar Filler

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai VMA terbesar terdapat pada penggunaan filler 0% (18,83 %) dan terkecil pada filler 14 % (18,45 %). Semakin besar kadar filler dalam campuran maka memerlukan aspal yang banyak juga untuk menyelimuti agregat dan mengisi rongga dalam campuran perkerasan.

6. Rongga Terisi Aspal (*Void Filled with Asphalt/VFA*)

Nilai Void Filled with Asphalt (VFA) adalah persentase rongga di dalam agregat mineral yang ditempati oleh aspal, tidak termasuk aspal yang telah diserap oleh agregat. Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3, nilai VFA yang dipersyaratkan adalah minimal sebesar 65%. Dari hasil pengujian dengan nilai KAO diperoleh hasil sebagai berikut.

- a. *Filler* 0% adalah 74,00 %
- b. *Filler* 4% adalah 74,59 %
- c. *Filler* 6% adalah 74,65 %
- d. *Filler* 8% adalah 74,85 %
- e. *Filler* 10% adalah 74,92 %
- f. *Filler* 12% adalah 74,99 %
- g. *Filler* 14% adalah 75,11 %



Gambar 7. Grafik Hubungan VFA dengan Kadar Filler

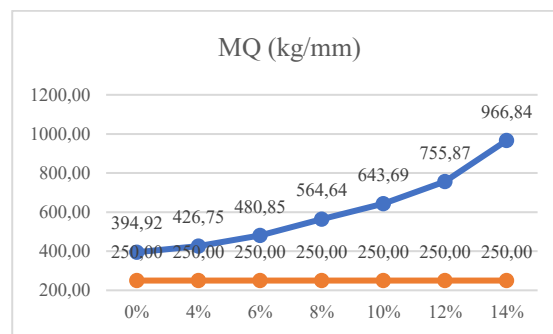
Berdasarkan Gambar 7 dapat disimpulkan bahwa nilai VFA tertinggi terdapat pada kadar *filler* 14% (75,11%), namun melebihi batas maksimal yaitu 75 % sehingga tidak memenuhi spesifikasi umum Bina Marga. Maka nilai VFA yang sesuai spesifikasi terdapat pada kadar *filler* 12 % (74,99) dan yang terendah terdapat pada kadar *filler* 0% (74,00 %).

7. *Marshall Quotient (MQ)*

Nilai *Marshall Quotient (MQ)* dalam pengujian ini digunakan untuk menggambarkan fleksibilitas campuran, yaitu kemampuan campuran untuk mengakomodasi deformasi akibat beban tanpa mengalami perubahan volume atau keretakan. Nilai MQ diperoleh dengan membandingkan nilai stabilitas dan nilai kelelahan (*flow*). Berdasarkan hasil pengujian, nilai MQ yang terlalu rendah menunjukkan bahwa perkerasan bersifat lembek atau terlalu lentur, sehingga berpotensi menimbulkan gelombang pada permukaan jalan. Jika terlalu besar nilai MQ maka lapisan perkerasan tersebut akan getas dan gampang retak. Bina Marga telah menetapkan standar untuk nilai MQ yaitu minimal 250 kg/mm. Hasil pengujian dengan nilai KAO diperoleh hasil sebagai berikut.

- a. *Filler* 0% adalah 394,92 mm
- b. *Filler* 4% adalah 426,75 mm
- c. *Filler* 6% adalah 480,85 mm
- d. *Filler* 8% adalah 564,64 mm

- e. *Filler* 10% adalah 643,69 mm
- f. *Filler* 12% adalah 755,87 mm
- g. *Filler* 14% adalah 966,84 mm



Gambar 8. Grafik Hubungan MQ dengan Kadar Filler

Berdasarkan Gambar 8 dapat disimpulkan bahwa nilai MQ tertinggi terdapat pada kadar *filler* 14% (966,84 kg/mm) dan yang terendah terdapat pada kadar *filler* 0% (394,92 kg/mm). Dari hasil di atas nilai MQ memenuhi standar yang telah ditentukan Bina Marga 2010 revisi 3.

3.3 Analisis dan Hasil Pengujian Campuran pada KAO

Dari hasil pengujian campuran AC-WC menggunakan *filler* Serbuk Kerang Hijau pada kondisi KAO diperoleh hasil pada Tabel 6.

Karakteristik <i>Marshall</i>	Satuan	<i>Filler</i> 0 %	<i>Filler</i> 4 %	<i>Filler</i> 6 %	<i>Filler</i> 8 %	<i>Filler</i> 10 %	<i>Filler</i> 12 %	<i>Filler</i> 14 %	Spesifikasi Bina Marga
KAO	%	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	
Stabilitas	Kg	1449	1476	1547	1714	1755	1780	1836	> 800
Kelelahan/ <i>Flow</i>	Mm	3.70	3.56	3.43	3.28	2.95	2.64	2.07	2 - 4
VIM	%	4.90	4.80	4.76	4.73	4.72	4.63	4.46	3 - 5
VMA	%	18.83	18.74	18.71	18.68	18.68	18.56	18.45	> 15
VFA	%	74.00	74.59	74.65	74.85	74.92	74.99	75,11	65 - 75
MQ	Kg/mm	394.9	426.7	480.8	564.6	643.6	755.8	966.8	> 250

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 6, disimpulkan bahwa penggunaan *filler* serbuk kulit kerang hijau dalam campuran AC-WC mempengaruhi nilai KAO. Nilai stabilitas yang tertinggi dan memenuhi spesifikasi terdapat pada kadar *filler* 14%. Berdasarkan hasil kinerja campuran AC-WC menggunakan *filler* Serbuk Kerang Hijau, nilai kestabilan yang dicapai lebih unggul dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan *filler* Bubuk Kerang Hijau. Namun, nilai VFA pada kadar pada *filler* 14% didapat nilai karakteristik *VFA* yang melebihi batas maksimal spesifikasi umum Bina Marga, sehingga tidak direkomendasikan untuk campuran AC-WC. Kadar *filler* Serbuk cangkang Kerang Hijau yang direkomendasikan untuk campuran AC-WC yang memenuhi Spesifikasi Bina Marga adalah sebesar 12 %, karena memiliki nilai karakteristik *Marshall* yang baik dan semuanya memenuhi spesifikasi setelah dilakukan pengujian.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Hasil penelitian tentang penggunaan bubuk cangkang kerang hijau sebagai bahan pengisi tambahan pada campuran aspal AC-WC menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil uji Marshall, penambahan bubuk cangkang kerang hijau sebagai bahan pengisi (*filler*) dapat meningkatkan kinerja campuran aspal AC-WC. Peningkatan kadar *filler* dari 0% hingga 14% menunjukkan kenaikan nilai stabilitas yang signifikan, yaitu dari 1449,9 kg menjadi 1836,2 kg, sementara nilai kepadatan (*density*) juga meningkat dari 2,330 gr/cm³ menjadi 2,341 gr/cm³. Sebaliknya, nilai kelelahan (*flow*) mengalami penurunan dari 3,70 mm menjadi 2,07 mm, yang menunjukkan campuran menjadi lebih

kaku namun masih berada dalam batas standar. Nilai *Marshall Quotient* meningkat tajam, menandakan ketahanan campuran terhadap deformasi semakin baik. Parameter volumetrik VIM dan VMA tetap memenuhi spesifikasi, sedangkan nilai VFA melebihi batas pada kadar *filler* 14%. Dengan demikian, kadar *filler* optimum ditentukan pada persentase 12% karena seluruh parameter *Marshall* dan volumetrik memenuhi spesifikasi Bina Marga, sehingga serbuk cangkang kerang hijau memberikan pengaruh positif terhadap karakteristik campuran aspal AC-WC.

2. Variasi kadar *filler* serbuk cangkang kerang hijau memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan nilai stabilitas campuran aspal, yang meningkat secara konsisten dari 1449,9 kg pada kadar 0% menjadi 1836,2 kg pada kadar 14% dan seluruhnya memenuhi persyaratan minimum stabilitas Bina Marga (≥ 800 kg). Nilai *flow* tetap berada dalam rentang standar 2–4 mm, sementara nilai *Marshall Quotient* meningkat seiring bertambahnya kadar *filler*, menunjukkan peningkatan keseimbangan antara kekuatan dan kelenturan campuran. Hal ini membuktikan bahwa penambahan serbuk cangkang kerang hijau mampu meningkatkan daya dukung dan ketahanan campuran terhadap deformasi akibat beban lalu lintas. Berdasarkan keseluruhan parameter *Marshall*, kadar *filler* optimum diperoleh pada persentase 12%, sehingga penggunaan serbuk cangkang kerang hijau dinilai layak dan efektif sebagai *filler* pada campuran aspal AC-WC.

4.2 Saran

1. Pemanfaatan serbuk cangkang kerang hijau direkomendasikan pada kadar 8%–12%, karena memberikan nilai stabilitas dan

Marshall Quotient tertinggi dengan tetap memenuhi syarat spesifikasi.

2. Pemanfaatan limbah kerang hijau dapat dijadikan solusi ramah lingkungan yang mendukung program pengurangan limbah dan inovasi material perkerasan jalan.

Pengisi (Filler) Dalam Campuran Aspal Jenis AC-WC Dengan Pengujian Marshall. *Nureth-18, 15(1)*, 1–16.

DAFTAR PUSTAKA

- adar BakhshBaloch, Q. (2017). *Kajian Parameter Marshall Dengan Menggunakan Limbah Serbuk Kulit Kerang Hijau Sebagai Filler*. *11(1)*, 92–105.
- Aziziah, R. N., & Rizal, F. (2024). *Karakteristik Penambahan Filler Fly Ash terhadap Material Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebagai Daur Ulang Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)*. *14(2)*, 91–103.
- Farida, I., & Rachmadiba, P. (2023). Pengaruh Filler Abu Cangkang Kerang Terhadap Campuran Aspal Daerah Pesisir Pantai. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, *13(2)*, 365. <https://doi.org/10.29103/tj.v13i2.896>
- Madani, M. F. Al. (2022). Pengaruh Penggunaan Kulit Kerang Sebagai Pengganti Filler Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Ac-Wc. *Prosiding Konferensi Nasional Social & ...*, 1166–1176. <https://ojs.polmed.ac.id/index.php/KONSEP2021/article/view/835%0Ahttps://ojs.polmed.ac.id/index.php/KONSEP2021/article/download/835/536>
- Marshall, K., Uji, D. A. N., & Pada, P. (2016). *No Title*.
- Mulyati, E., Numang, I., & Muchamad, A. N. (n.d.). *USULAN TATA LETAK GUDANG DENGAN METODE SHARED STORAGE DI PT . AGILITY INTERNATIONAL CUSTOMER PT . HERBALIFE INDONESIA*. *10(02)*, 36–41.
- Putra, A., Mulyono, T., & Chrisnawati, Y. (2020). Kajian Parameter Marshall Dengan Menggunakan Limbah Serbuk Kerang Hijau Sebagai Filler Campuran Lapis Aspal Beton. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, *15(1)*, 1–8. <https://doi.org/10.21009/jmenara.v15i1.18124>
- Sagala, K. D., Batubara, H., & Sibuea, D. T. (2018). *ANALISIS PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN FILLER (ABU BATU) DENGAN KOMBINASI 50 % PECAHAN KERAMIK DAN 50 % CANGKANG KERANG PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC)*. 107–113.
- SNI-03-4142-1996. (n.d.). *METODE PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT*. *200(200)*, 1–6.
- SNI 06-2489-1991, B. A. B. (n.d.). *yang dinyatakan dalam kilogram; 2) Alir. 1*.
- Syahputra, N., Malik, A., & Sebayang, M. (2019). Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan