Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Volume 2, Nomor 8, Agustus 2024, Halaman 202-216
Licenced by CC BY-SA 4.0
E-ISSN: 2986-6340
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.13268773

Analisis Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Siput Pada Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)

Reza Saifulloh[1], Yonas Prima Arga Rumbyarso[2], Sukadi[3]
[123]Fakultas Teknik. Universitas Krisnadwipayana Jakarta
Email : rezasaifulloh@gmail.com

Abstrak

Material yang melampaui saringan No. 200 digunakan sebagai bahan pengisi campuran aspal beton. Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang bekicot atau cangkang moluska yang banyak ditemukan di perairan pantai. Karena abu cangkang bekicot mengandung kitin (C8H13O5N) dan zat kapur (CaCO3), karakteristiknya sebanding dengan bahan pengisi lainnya. Tujuan dari bahan pengisi adalah untuk membuat aspal lebih kental dan kurang sensitif terhadap fluktuasi suhu. Karakteristik campuran aspal dapat dipengaruhi oleh bahan pengisi yang digunakan pada campuran Laston. Jumlah bahan pengisi yang berlebihan akan menyebabkan campuran menjadi kaku dan mudah retak. Sebaliknya, campuran bisa menjadi terlalu lunak jika tingkat bahan pengisi terlalu rendah. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen di Laboratorium Aspal Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana. Bahan pengisi cangkang bekicot sebanyak 0%, 15%, dan 30% diaplikasikan pada tingkat yang berbeda-beda. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh karakteristik *Marshall* terhadap perubahan jumlah limbah cangkang bekicot yang digunakan sebagai bahan pengisi pada campuran lapisan aspal beton pada lapisan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Hasil penelitian menunjukkan nilai tertinggi pada aspal optimum dengan stabilitas 2208 kg, *flow* 5 mm, VIM 33,6%, VMA 42,38%, VFA 99,8%, dan *Marshall Quotient* 458 kg/mm, yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.
Kata kunci: *Abu Cangkang Siput, Aspal Beton AC-WC, Eksperimen.*

Abstract

Material that passes through No. 200 is used as a filler for asphalt concrete mixtures. The filler material used in this research is snail shells or mollusk shells which are often found in coastal waters. Because snail shell ash contains chitin (C8H13O5N) and lime (CaCO3), its characteristics are comparable to other fillers. The purpose of the filler is to make the asphalt thicker and less sensitive to temperature. The characteristics of the asphalt mixture can be influenced by the filler used in the Laston mixture. Excessive amounts of filler will cause the mixture to become stiff and crack easily. On the other hand, the mixture can become too soft if the filler level is too low. This research uses an experimental design at the Asphalt Laboratory, Faculty of Engineering, Krisnadwipayana University. Snail shell fillers of 0%, 15% and 30% were applied at different levels. The aim of this research is to determine the effect of Marshall characteristics on changes in the amount of snail shell waste used as a filler in the asphalt concrete layer mixture in the Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) layer. The research results show the highest value for optimum asphalt with stability of 2208 kg, flow 5 mm, VIM 33.6%, VMA 42.38%, VFA 99.8%, and Marshall Quotient 458 kg/mm, which meets the 2018 Bina Marga specifications.
Keywords: *Snail Shell Ash, AC-WC Asphalt Concrete, Experiment.*

Article Info
Received date: 15 July 2024 Revised date: 28 July 2024 Accepted date: 3 Auguts 2024

PENDAHULUAN

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang kebutuhannya di Indonesia terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan. Karena konstruksi jalan harus menanggung beban lalu lintas, lapisan perkerasan jalan harus kuat dan mampu menerima beban tersebut. Lapisan aspal beton (Laston) adalah konstruksi perkerasan jalan yang terdiri dari aspal, agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). (Kurniasari et al., 2018).

Salah satu jenis aspal beton yang umumnya digunakan di Indonesia adalah *Asphalt Concrete* (AC). Aspal beton ini terbuat dari agregat kasar, agregat halus, aspal sebagai bahan perekat, dan *filler* sebagai bahan pengisi. Bahan-bahan campuran yang digunakan harus memiliki karakteristik yang

sesuai dengan persyaratan yang ada agar perkerasan jalan aspal beton memiliki stabilitas dan *fleksibilitas* yang baik.

Bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal beton menggunakan bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). *Filler* sering kali menggunakan abu batu karena mudah didapatkan. Salah satu fungsi *filler* dalam campuran aspal beton adalah untuk meningkatkan kekentalan bitumen dan mengurangi sifat rentan terhadap perubahan suhu.

Kadar bahan pengisi (*filler*) yang digunakan dalam campuran aspal beton sangat mempengaruhi sifat dari campuran aspal. Jika kadar bahan pengisi terlalu banyak, campuran tersebut akan menjadi kaku dan mudah retak. Sebaliknya, jika kadar bahan pengisi terlalu sedikit, campuran aspal akan menjadi terlalu lentur dan mudah *terdeformasi* oleh beban lalu lintas, yang dapat menyebabkan jalan bergelombang. Dalam penelitian ini, jenis bahan pengisi (*filler*) yang digunakan adalah cangkang siput.

Sangat penting bagi kita untuk memanfaatkan bahan-bahan alami yang dapat direproduksi dan juga dapat didaur ulang, seperti cangkang siput, menjadi sesuatu yang baru yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Hal ini merupakan upaya pemanfaatan sampah organik yang bersifat keras dan membutuhkan waktu untuk terurai di dalam tanah. Dengan hasil penelitian ini, peneliti berharap dapat mengetahui spesifikasi yang telah ditentukan untuk perkerasan jalan menggunakan metode *Marshall*.

METODE PENELITIAN

Uraian Umum

Metodologi penelitian bertujuan untuk merencanakan langkah-langkah kerja penelitian mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, pembuatan benda uji, pengujian, analisis data, hingga memperoleh hasil analisis serta kesimpulan dan saran (Wibowo, W., 2018). Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Aspal Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana. Penelitian ini fokus pada variabel campuran limbah cangkang siput dalam campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Dari penelitian ini, akan diperoleh data dan hasil yang relevan mengenai pengaruh cangkang siput sebagai *filler* dalam campuran aspal beton.

Metode Penelitian

Tahapan awal dalam penelitian ini adalah tahap persiapan, yang mencakup serangkaian kegiatan sebelum pengumpulan dan pengolahan data. Pada tahap ini, disusun secara sistematis untuk memastikan efektivitas dalam perencanaan penyelesaian tugas akhir. Tujuan dari tahap persiapan adalah untuk membuat pedoman kerja yang efisien, sehingga waktu penyelesaian laporan tugas akhir sesuai dengan bobot persoalan umum dan alur kerja yang terarah. Hal ini bertujuan agar semua pelaksanaan penelitian dapat dilakukan dengan baik dan dapat menjawab seluruh aspek yang akan ditinjau dalam penelitian.

Tahapan selanjutnya mendapatkan ijin dari dosen pembimbing, melakukan studi literatur dengan mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode penelitian yang relevan.

Setelah mencari informasi mengenai penelitian yang akan dilaksanakan, selanjutnya melakukan pemeriksaan dasar seperti penetrasi aspal : mengukur Tingkat kekerasan aspal. Titik lembek aspal : Menentukan titik leleh aspal. Berat jenis aspal : Mengukur densitas aspal. Daktilitas Aspal : Menguji kelenturan aspal. Kehilangan berat aspal : Mengukur kehilangan massa aspal setelah dipanaskan. Analisa saringan : Menentukan distribusi ukuran partiket agregat.

Selanjutnya mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk mengetahui proporsi campuran optimal untuk setiap benda uji yang akan dibuat. Setelah memperoleh proporsi campuran aspal, selanjutnya, Pembuatan benda uji dilakukan persiapan bahan, pencampuran dan pemanasan, pencetakan benda uji, proses penanganan benda uji, sesuai kebutuhan masing-masing variasi campuran bahan tambah yaitu aspal normal, aspal dengan *filler* abu cangkang siput 0%, 15% dan 30%. Setelah pembuatan benda uji selesai maka dilakukan pengujian *Marshall* dan Analisis Data. Dari pengujian *Marshall* yang telah dilakukan maka diperoleh data-data yang dibutuhkan sesuai dengan tujuan penelitian. Data-data ini sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu untuk menentukan efektivitas penggunaan *filler* cangkang siput dalam campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dan bagaimana pengaruhnya terhadap sifat mekanis campuran aspal.

Metode yang dipakai pada penelitian ini yaitu metode *eksperimen* : menggunakan beberapa benda uji dengan berbagai kondisi selama pengujian di laboratorium dan Data Literatur : Mengumpulkan data dari bahan kuliah, laporan praktikum, dan konsultasi dengan dosen pembimbing. Menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) serta buku atau literatur terkait sebagai penunjang penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium Aspal Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana yang bertempat di Jalan Raya Jatiwaringin, RT. 009 RW. 005, Kel. Jaticempka, Kec. Pondok Gede, Kota Bekasi, Jawa Barat.

Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini melibatkan beberapa metode sebagai berikut :

1. Metode Eksperimen : Dilakukan pada beberapa benda uji dengan berbagai kondisi di laboratorium untuk memperoleh data yang diperlukan.
2. Data *Literatur* : Mengacu pada data yang diperoleh dari bahan kuliah, laporan praktikum, serta konsultasi langsung dengan dosen pembimbing.
3. Data Teknis : Meliputi Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *literatur* atau buku yang digunakan sebagai referensi untuk memperkuat penelitian.

Bahan

Bahan yang digunakan untuk benda uji atau sampel pada saat penelitian yaitu :

1. Aspal Penetrasi 60/70

Aspal penetrasi 60/70 adalah jenis aspal keras yang sering digunakan dalam pekerjaan perkerasan jalan. Angka 60/70 menunjukkan rentang nilai penetrasi aspal tersebut, yang mengindikasikan kekerasan aspal. Penetrasi diukur dalam desimal milimeter (dmm), yaitu jarak yang dapat ditembus oleh jarum standar di bawah kondisi tertentu (biasanya pada suhu 25°C selama 5 detik dengan beban 100 gram),berfungsi sebagai pengikat pada agregat, seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Sumber : Dokumen Penulis

Gambar 1 Aspal Penetrasi 60/70

2. Agregat Kasar

Bahan pengisi dalam pembuatan aspal yang berasal dari batu harus memiliki sifat keras, kering, bersih, serta bebas dari bahan organik dan bahan lain yang dapat mengganggu kualitas campuran. Gradasi agregat kasar yang digunakan adalah yang lolos saringan No. 1 hingga 3/8 inci, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.



Sumber : Dokumen Penulis

Gambar 2. Agregat Kasar

3. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah yang lolos saringan No. 8, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.



Sumber : Dokumen Penulis

Gambar 3. Pasir (*Sand*)

4. Abu Batu

Abu batu sebagai campuran *filler* pada aspal menghasilkan stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran *filler Portland* semen, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4.



Sumber : Dokumen Penulis

Gambar 4. Abu Batu

5. *Filler* Cangkang Siput

Filler cangkang siput yang digunakan pada penelitian ini berfungsi untuk mengisi rongga antara agregat halus dan agregat kasar, seperti diperlihatkan pada Gambar 5.



Sumber : Dokumen Penulis

Gambar 5 Filler Cangkang Siput

Tahapan Penelitian

Tahap-tahap penelitan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang dipakai dalam penelitian ini merupakan alat yang dimiliki oleh Laboratorium Aspal Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana, sedangkan untuk *filler* menggunakan limbah cangkang siput yang di olah sendiri. Semua alat dan bahan dipersiapkan dan dicek kondisinya sebelum dipakai di laboratorium.

Pemeriksaan Terhadap Agregat

Pemeriksaan agregat dalam penelitian ini meliputi beberapa aspek penting untuk memastikan kualitas agregat yang digunakan. Berikut adalah rincian pemeriksaan agregat :

1. Pemeriksaan Gradasi Agregat : Mengukur distribusi ukuran partikel agregat dengan menggunakan saringan. Ini memastikan bahwa agregat memenuhi kriteria gradasi yang ditetapkan.
2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar : Berdasarkan SNI 1969:2016, dilakukan untuk menentukan berat jenis dan kemampuan agregat kasar dalam menyerap air. Ini penting untuk memastikan agregat kasar sesuai dengan standar kualitas dan dapat mempengaruhi kestabilan campuran aspal.
3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus : Mengacu pada SNI 1970:2016, ini serupa dengan pemeriksaan agregat kasar, namun diterapkan pada agregat halus. Pemeriksaan ini memastikan agregat halus memiliki sifat yang sesuai dengan standar yang dibutuhkan untuk campuran aspal.
4. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin *Los Angeles* : Berdasarkan SNI 2417:2008, ini digunakan untuk menilai ketahanan agregat terhadap keausan atau abrasi. Mesin *Los Angeles* menguji ketahanan agregat terhadap pengikisan yang terjadi selama penggunaan.

Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah pembuatan benda uji pada penelitian ini yaitu :

1. Persiapan Bahan :
- Aspal : Gunakan aspal dengan penetrasi 60/70.
- Agregat Kasar : Lolos saringan No.1 sampai 3/8.
- Agregat Halus : Lolos saringan No.8.
- *Filler* : Gunakan abu batu dan limbah cangkang siput yang telah dikeringkan.

2. Persiapan Alat :
- Pemanasan : Panaskan agregat dan *filler* di dalam wajan hingga suhu mencapai 120°C.
- Cetakan (*Mould*) : Olesi cetakan dengan minyak pelumas dan panaskan. Letakkan kertas penyaring atau lakmus pada bagian dasar cetakan.

3. Pencampuran :
- Pencampuran Agregat dan *Filler* : Campurkan agregat kasar, agregat halus, dan *filler* yang telah dipanaskan. Aduk hingga merata.
- Penambahan Aspal : Tambahkan aspal yang telah dipanaskan hingga suhu maksimal sekitar 160ºC ke dalam campuran agregat dan *filler*. Aduk hingga semua bahan tercampur merata.

4. Pencetakan Benda Uji :
- Memasukkan Campuran : Masukkan campuran ke dalam cetakan pada suhu maksimal. Gunakan spatula yang telah dipanaskan untuk menusuk-nusuk campuran sebanyak 10 kali, terutama di bagian pinggir dan tengah.
- Penumbukan : Tumbuk campuran dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali pada bagian atas dan bawah cetakan.

5. Pengeluaran Benda Uji :
- Pengeluaran dari Cetakan : Setelah ditumbuk, keluarkan benda uji dari cetakan menggunakan alat pengeluar benda uji.
- Pemberian Kode : Beri kode pengenal pada benda uji sesuai dengan variasi campuran dan kebutuhan penelitian.

6. Pengeringan dan Penimbangan Awal :
- Pengeringan : Diamkan benda uji hingga mengeras.
- Penimbangan Awal : Timbang benda uji untuk mendapatkan berat kering.

7. Perendaman dan Penimbangan :
- Perendaman : Rendam benda uji dalam bak perendam (*water bath*) selama 24 jam.
- Penimbangan SSD : Setelah perendaman, keluarkan benda uji dan lap hingga kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD). Timbang benda uji untuk mendapatkan berat *Saturated Surface Dry* (SSD).
- Penimbangan dalam Air : Timbang benda uji dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air.

Pengujian Dengan Alat *Marshall*

Pengujian dengan alat *Marshall* digunakan untuk mengevaluasi karakteristik campuran aspal beton, termasuk stabilitas, kelelehan, dan parameter lainnya. Berikut adalah langkah-langkah umum dalam pengujian *Marshall* :

Langkah-langkah Pengujian *Marshall* :

1. Persiapan Benda Uji :

- Pengeringan : Pastikan benda uji dalam kondisi kering atau SSD (*Saturated Surface Dry*) sebelum dilakukan pengujian.
- Penimbangan : Timbang benda uji untuk mendapatkan berat kering, berat dalam air, dan berat SSD seperti yang telah dilakukan sebelumnya.

2. Pengujian Stabilitas :
- Setup : Tempatkan benda uji dalam mesin *Marshall Test* yang telah dipanaskan pada suhu sekitar 60°C hingga 65°C.
- Pengujian : Terapkan beban secara bertahap pada benda uji hingga benda uji mengalami kegagalan. Stabilitas diukur sebagai maksimum beban yang diterima sebelum benda uji mengalami kerusakan.
- Catat Hasil : Catat nilai stabilitas maksimum yang tercatat selama pengujian.

3. Pengujian Kelelehan (*Flow*) :
- Setup : Lakukan pengujian pada benda uji yang sama dengan stabilitas.
- Pengujian : Setelah benda uji mengalami kegagalan, ukur deformasi atau perubahan bentuk benda uji. Kelelehan diukur sebagai jarak maksimum benda uji mengalami deformasi dalam milimeter.
- Catat Hasil : Catat nilai kelelehan yang diukur.

4. Pengujian *Void in Mineral Aggregate* (VMA) :
- Perhitungan : Hitung *void* dalam agregat mineral dengan menggunakan rumus yang sesuai. *Void in Mineral Aggregate* (VMA) mengukur volume rongga yang ada dalam agregat dan bahan pengisi.
- Catat Hasil : Pastikan nilai *Void in Mineral Aggregate* (VMA) memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan.

5. Pengujian *Void in Mix* (VIM) :
- Perhitungan : Hitung void dalam campuran dengan menggunakan rumus yang sesuai. *Void in Mix* (VIM) mengukur persentase rongga dalam campuran yang tidak terisi aspal.
- Catat Hasil : Pastikan nilai *Void in Mix* (VIM) memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan.

6. Pengujian *Void Filled with Asphalt* (VFA) :
- Perhitungan : Hitung persentase rongga yang terisi aspal dalam campuran dengan menggunakan rumus yang sesuai. *Void Filled with Asphalt* (VFA) mengukur berapa banyak rongga yang terisi aspal dalam campuran.
- Catat Hasil : Pastikan nilai *Void Filled with Asphalt* (VFA) memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan.

7. Pengujian *Marshall Quotient* (MQ) :

Perhitungan : *Marshall Quotient* (MQ) dihitung sebagai rasio antara stabilitas dan kelelehan. *Marshall Quotient* (MQ) memberikan indikasi tentang kekuatan relatif campuran terhadap deformasi.

Catat Hasil : Pastikan nilai *Marshall Quotient* (MQ) memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjauan Umum

Penelitian ini merupakan eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Aspal Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana. Dalam pelaksanaan penelitian ini, mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Proses penelitian dimulai dengan tahap persiapan bahan material, analisis saringan, pengujian material, analisis perhitungan campuran aspal beton, dan diakhiri dengan pengujian *Marshall Test*.

Hasil penelitian yang masih berupa data kasar kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh penggunaan campuran cangkang siput terhadap material aspal pada *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Pada pemeriksaan karakteristik agregat, dilakukan sesuai dengan metode pengujian yang lolos saringan dan spesifikasi yang disyaratkan oleh SNI dan Bina Marga.

Pemeriksaan Gradasi Agregat

Penentuan komposisi campuran laston dalam penelitian ini menggunakan metode *trial and error*. Metode ini melibatkan percobaan persentase setiap fraksi agregat untuk memastikan bahwa gradasi campuran sesuai dengan rentang yang disyaratkan. Dalam metode *trial and error*, dilakukan perhitungan dari hasil gradasi lolos saringan pada semua ayakan, mulai dari saringan 3/4” hingga saringan No. 200. Data awal komposisi gradasi lolos saringan dan komposisi gradasi lolos saringan diperoleh dari pengujian analisis saringan agregat. Hasil pemeriksaan analisis saringan dapat dilihat

pada Tabel 1.

Tabel 1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat

Saringan		Gradasi Agregat			
No	Mm	Corse Aggregat	MediumAggregat	Fine Aggregat	Filler Semen
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,5	100,00	100,00	84,00	100,00
3/8"	9,5	100,00	100,00	11,20	100,00
No. 4	4,75	100,00	51,79	2,60	100,00
No. 8	2,36	84,04	16,79	1,60	100,00
No. 16	1,18	52,03	10,42	1,50	100,00
No. 30	0,6	34,16	8,35	14,00	100,00
No. 50	0,3	28,21	7,25	1,30	99,90
No. 200	0,075	11,41	3,86	1,01	98,71

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan hasil rekapitulasi persentase komposisi agregat pada campuran laston per fraksi agregat, dapat disimpulkan bahwa jumlah gradasi lolos untuk setiap ukuran saringan seluruhnya memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

Analisis Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

Agregat yang digunakan dalam pembuatan aspal terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Pemeriksaan analisa saringan mengikuti standar SNI 0303-407-1994, sementara pemeriksaan berat jenis agregat kasar mengikuti SNI 06-2441-1991. Agregat kasar harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang kering, kuat, awet, dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar yang dilakukan di Laboratorium Aspal Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 2 Hasil Analisis Pengujian Agregat Kasar

BERAT JENIS AGREGAT KASAR			
Berat Dalam Air (BA)	:	1858,80	gr
Berat cawan	:	179,00	gr
Berat SSD (BJ)	:	2996,20	gr
Berat kering oven + cawan	:	3131,90	gr
Berat kering oven (BK)	:	2952,90	gr
Isi / volume = BJ - BA	:	1137,400	
Berat air yang terserap = BJ – BK	:	43,300	
BJ Kering (Bulk) = BK / (BJ-BA)	:	2,596	
BJ Kering permukaan jenuh (SSD) =BJ / (BJ-BA)	:	2,634	
BJ semu (apparent) = BK / (BK-BA)	:	2,699	
Penyerapan (absorbtion) = (BJ-BK) / BK * 100%	:	1,466	%

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Analisis Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Hasil pengujian karakteristik agregat halus dilakukan dengan memeriksa masing-masing bahan untuk mengetahui sifat fisik sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendapatkan pembagian butiran dengan menggunakan saringan, dan hasilnya digunakan untuk menghitung persentase masing-masing agregat dari perhitungan gradasi campuran. Agregat halus harus terdiri dari bahan-bahan yang berbentuk kasar, tajam, bersih dari kotoran dan bahan pengganggu, dan memenuhi syarat berdasarkan analisis saringan. Hasil pengujian karakteristik agregat halus yang dilakukan di Laboratorium Aspal Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Analisis Pengujian Agregat Halus

BERAT JENIS AGREGAT HALUS			
Berat cawan	:	65,20	gr
Berat pikno	:	260,60	gr
Berat kering permukaan jenuh (SSD)	:	760,60	gr
Berat pikno + BU + aquades = Bt	:	1577,30	gr
Berat pikno + aquades = B	:	1227,80	gr
Berat kering oven + cawan	:	507,00	gr
Berat kering oven = BK	:	441,80	gr
Isi / volume = B + SSD - Bt	:	411,100	
Berat air yang terserap = SSD-BK	:	318,800	
BJ kering (Bulk) = BK / (B+SSD-Bt)	:	1,075	
BJ kring permukaan jenuh (SSD) = SSD/(B+SSD-Bt)	:	1,850	
BJ semu (apparent) = BK/(B+BK-Bt)	:	4,787	
Penyerapan (absoption) = ((500-BK)/BK)*100%	:	72,159	%

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

Pemeriksaan dilakukan di Laboratorium Aspal Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana, menggunakan standar SNI 06-2456-1991 sebagai acuan untuk menentukan penetrasi aspal. Tujuan dari penggunaan standar ini adalah untuk menyeragamkan metode pengujian dan pengendalian mutu selama pelaksanaan penelitian :

Tabel 4 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal

HASIL PENGUJIAN PENETRASI ASPAL PEN 60/70			
Sampel		I	II
Penetrasi Pada Pengamatan Ke 1	0,1 mm	65	72
Penetrasi Pada Pengamatan Ke 2	0,1 mm	63	74
Rata-rata		68,5	

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Hasil pemeriksaan penetrasi bitumen menunjukkan rata-rata nilai 68,5 mm. Berdasarkan acuan dari SNI 06-2456-1991, nilai penetrasi aspal ideal berkisar antara 60 - 79 mm. Dengan hasil rata-rata 68,5 mm, aspal tersebut memenuhi syarat dan ideal digunakan sebagai bahan lapisan aspal beton..

Pengujian Berat Jenis Bitumen Tar

Pengujian berat jenis bitumen dilakukan di Laboratorium Aspal Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana, dengan menggunakan standar SNI 06-2441-1991 sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian berat jenis aspal padat. Pengujian ini dilakukan menggunakan *piknometer* untuk menentukan berat jenis aspal padat. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh data yang diperlukan dalam perencanaan campuran serta pengendalian mutu perkerasan jalan, sehingga dapat memastikan kualitas dan performa campuran aspal yang digunakan.

Tabel 5 Berat Jenis Bitumen

Berat Jenis Aspal			
Berat pikno kosong (A)	:	64,9	gr
Berat pikno + aquades penuh (B)	:	171,8	gr
Berat pikno + bitumen (C)	:	86,5	gr
Berat pikno + bitumen + aquades (D)	:	172,4	gr
BJ = (C-A)/((B-A)-(D-C)	:	1,029	

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Menurut SNI 06-2441-1991, syarat minimum berat jenis aspal adalah 1 gram/cc. Dari hasil pengujian berat jenis bitumen, diperoleh nilai berat jenis sebesar 1,029 gram/cc. Karena nilai ini memenuhi persyaratan, aspal tersebut dapat digunakan sebagai bahan untuk aspal beton.

Pengujian *Daktilitas* dan Berat Jenis Aspal

Pengujian *daktilitas* dilakukan di Laboratorium Aspal Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana, dengan menggunakan SNI 06-2432-1991 sebagai acuan untuk pengujian daktilitas. Selain itu, SNI 06-2441-1991 digunakan sebagai acuan untuk pengujian berat jenis aspal.

Tabel 5 Pengujian *Daktilitas*

No.	Pengujian	I	II	III
1.	Pengamatan setelah 5 menit (cm)	20,5	20,5	20,5
2.	Pengamatan setelah 10 menit (cm)	45,0	45,0	45,0
3.	Pengamatan setelah 15 menit (cm)	69,5	69,5	69,5
4.	Pengamatan setelah 20 menit (cm)	85,8	93,8	93,8
5.	Pengamatan setelah 25 menit (cm)	-	118,2	115,2
6.	Daktilitas (cm)	-	138,4	115,2
7.	Selisih maximum dari pengujian (cm)	-	23,2	
8.	Daktilitas rata-rata	126,8		

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Dengan nilai *daktilitas* yang didapat dari pengujian maka aspal tersebut termasuk dalam kategori plastis.

Komposisi Campuran Agregat

Penentuan komposisi campuran laston dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode trial and error. Metode ini melibatkan percobaan dengan berbagai persentase setiap fraksi agregat hingga gradasi campuran sesuai dengan rentang gradasi yang disyaratkan. Dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 6 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat

Saringan		Gradasi Agregat				Kombinasi Agregat	% Lolos		
No	Mm	Fine Aggregat	Medium Aggregat	Corse Aggregat	Filler Semen		Spesifikasi		
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,0	100,00	AB	=	AA
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,0	100,00	100	=	100
1/2"	12,5	100,00	100,00	84,00	100,0	96,96	90	=	100
3/8"	9,5	100,00	100,00	11,20	100,0	83,13	77	=	90
4	4,75	100,00	51,79	2,60	100,0	63,66	53	=	69
8	2,36	84,04	16,79	1,60	100,0	43,81	33	=	53
16	1,18	52,03	10,42	1,50	100,0	27,99	21	=	40
30	0,6	34,16	8,35	14,00	100,0	22,10	14	=	30
50	0,3	28,21	7,25	1,30	99,90	16,78	9	=	22
200	0,075	11,41	3,86	1,01	98,71	8,39	4	=	9

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Tabel 7 Presentase Komposisi Jenis Agregat

Fine Aggregat	42	%
Medium Aggregat	37	%
Corse Aggregat	19	%
Filler Semen	2	%
Total	100	

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Selanjutnya, untuk memastikan apakah persentase komposisi agregat pada campuran laston telah memenuhi persyaratan, dilakukan kontrol dengan menggunakan grafik titik kontrol gradasi.

Perhitungan Kadar Aspal Rencana

Kadar aspal rencana adalah persentase komposisi aspal yang diperlukan dalam pembuatan benda uji campuran beraspal. Kadar aspal rencana dapat ditentukan dengan menggunakan rumus yang dikeluarkan oleh Bina Marga dalam Pedoman Konstruksi dan Bangunan Bina Marga. Rumus tersebut adalah sebagai berikut :

$$Pb = 0{,}035\ (\%CA) + 0{,}045\ (\%FA) + 0{,}18\ (\%F) + K$$

Keterangan:

Pb : Kadar aspal rencana
CA : *Course Aggregate* atau Agregat kasar tertahan saringan No. 8
FA : *Fine Aggregate* atau Agregat halus lolos saringan No.8 dan tertahan No.200
F : *Filler* atau Agregat halus lolos saringan No. 200
K : Konstanta, biasanya antara 0,5 – 1 untuk laston

Tabel 8 Perhitungan Kadar Aspal Rencana

No	Perhitungan	Rumus	Hasil (%)
1	%CA (tertahan saringan no.8)	100% - Lolos saringan no.8100% - 43,81%	56,19
2	%FA (lolos saringan no.8,tertahan saringan no.200)	100% - CA - % Lolos saringanno.200 100% - 56,19% - 8,39%	35,42
3	%FF (Lolos saringan no.200)	100% - CA – FA 100% - 56,19% - 35,42%	8,39
4	Perkiraan kadar aspal rencana(Pb) Kostanta = 0,5 - 1	0,035 (%CA) + 0,045 (%FA) + 0,18 (%FF) + K 0,035 (56,19%) + 0,045 (35,42%) + 0,18 (8,39%) + 1	6,07

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Hasil perhitungan kadar aspal rencana menunjukkan nilai sebesar 6,07%. Nilai ini dibulatkan menjadi 6%, yang akan digunakan dalam campuran laston *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Untuk menguji variasi kadar aspal, akan diambil kadar di atas dan di bawah nilai rencana dengan interval 1%, sehingga kadar aspal yang akan digunakan dalam penelitian adalah 5%, 6%, dan 7%.

Pengujian *Marshall Test*

Setelah melakukan pemeriksaan karakteristik agregat dan aspal, menghitung komposisi aspal dan agregat, serta membuat benda uji, langkah selanjutnya adalah melaksanakan pengujian *Marshall* pada campuran laston *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan menggunakan limbah cangkang siput sebagai *filler*. Hasil pengujian *Marshall* ini meliputi :

- Stabilitas : Mengukur kekuatan campuran terhadap beban.
- Kelelehan (*Flow*) : Mengukur deformasi plastis campuran.
- *Void in Mineral Aggregate* (VMA) : Mengukur volume rongga dalam agregat mineral.

- *Void in Mix* (VIM) : Mengukur volume rongga dalam campuran.
- *Void Filled with Asphalt* (VFA) : Mengukur persentase rongga yang terisi aspal.
- *Marshall Quotient* (MQ) : Perbandingan antara stabilitas dan *flow*.

Hasil dari pengujian ini harus memenuhi syarat yang ditetapkan dalam spesifikasi Umum Bina Marga untuk memastikan bahwa campuran aspal beton *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) yang dimodifikasi dengan substitusi cangkang siput memiliki ketahanan yang baik dan sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Stabilitas

Hasil dari perhitungan benda uji dengan campuran cangkang siput terhadap aspal dengan variasi 0%, 15%, dan 30%, di dapat nilai stabilitas pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.2.

Tabel 9 Perhitungan Stabilitas

No	Kadar Aspal (%)	0%	15%	30%
1	5	2719,75	2130,375	2299,425
2	6	2472,5	2095,875	2328,463
3	7	2225,25	2272,688	1995,825

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Hasil perhitungan stabilitas pada campuran aspal dengan cangkang siput sebagai *filler* menunjukkan bahwa nilai stabilitas memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, yang mensyaratkan nilai minimal 800 kg. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak bahan pengganti *filler* yang digunakan, semakin tinggi nilai stabilitas yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan teori bahwa penambahan cangkang siput sebagai *filler* dapat meningkatkan nilai stabilitas campuran aspal, memperkuat ketahanan terhadap beban dan deformasi.

Flow

Hasil dari perhitungan *flow* atau kelelehan dengan campuran cangkang siput terhadap aspal dengan variasi 0%, 15%, dan 30%, dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Gambar 4.3.

Tabel 10 Perhitungan *Flow*

No	Kadar Aspal (%)	0%	15%	30%
1	5	3	5	4
2	6	4	6	5
3	7	8	7	6

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Dari Tabel 11 terlihat bahwa nilai *Flow* untuk campuran aspal dengan penambahan cangkang siput, baik pada variasi 0%, 15%, maupun 30%, tidak memenuhi batas spesifikasi Bina Marga 2018. Semakin tinggi persentase cangkang siput yang ditambahkan, semakin besar nilai kelelehan (*Flow*) yang diperoleh. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018, yang menetapkan batas nilai *Flow* antara 2-4 mm.

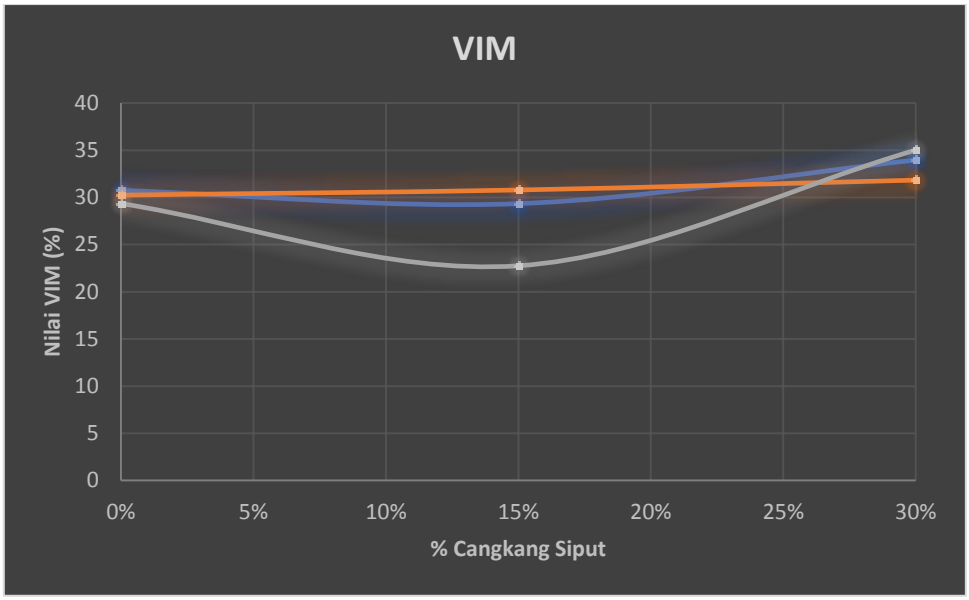
***Void in Mix* (VIM)**

Nilai persentase rongga dalam campuran *Void in Mix* (VIM) dengan subtitusi cangkang siput pada campuran aspal, dengan variasi 0%, 15%, dan 30%, dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 7.

Tabel 11 Perhitungan *Void In Mix* (VIM)

No	Kadar Aspal (%)	0%	15%	30%
1	5	30,760	29,340	33,963
2	6	30,242	30,786	31,831
3	7	29,346	22,757	35,011

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Gambar 7 Grafik *Void in Mix* (VIM)

Dari Tabel 12 dan Gambar 7 di atas, terlihat bahwa nilai *Void in Mix* (VIM) untuk bahan tambah cangkang siput dengan variasi 0%, 15%, dan 30% tidak memenuhi batas spesifikasi Bina Marga, yang menetapkan batasan antara 3% hingga 5%.

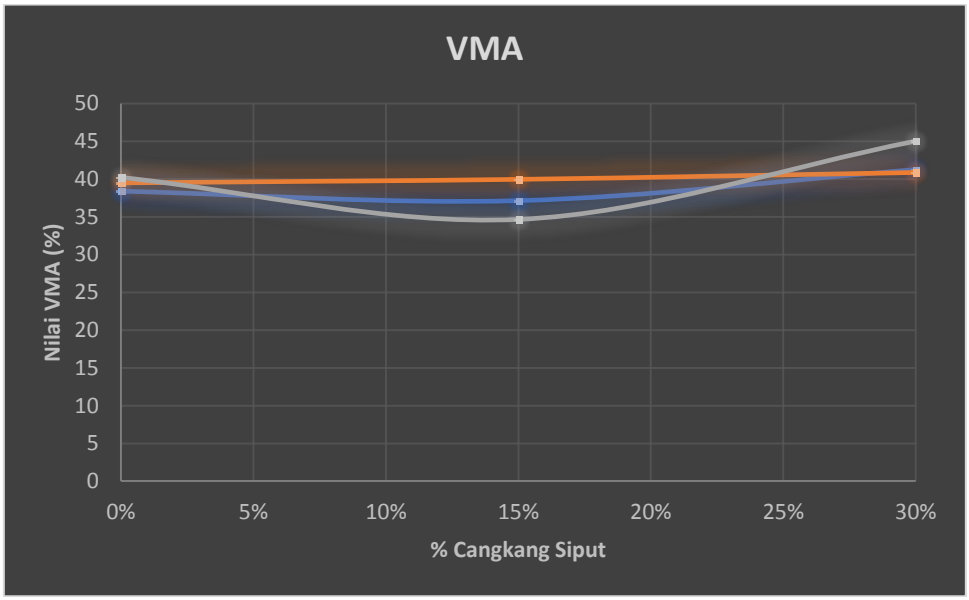
***Void in Mineral Aggregate* (VMA)**

Nilai volume rongga udara dalam aspal beton atau *Void in Mineral Aggregate* (VMA) dengan subtitusi cangkang siput terhadap aspal dengan variasi 0%, 15%, dan 30% dapat dilihat pada Tabel 13 dan Gambar 8.

Tabel 13 Perhitungan *Void In Mineral Aggregate* (VMA)

No	Kadar Aspal (%)	0%	15%	30%
1	5	38,398	37,135	41,248
2	6	39,483	39,955	40,862
3	7	40,228	34,653	45,020

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Gambar 8 Grafik *Void in Mineral Aggregate* (VMA)

Dari Tabel 13 dan Gambar 8 di atas, dapat kita lihat bahwa nilai *Void in Mineral Aggregate*

(VMA) untuk bahan tambah cangkang siput dengan variasi 0%, 15%, dan 30% semuanya memenuhi batas spesifikasi Bina Marga 2018, yaitu >15%.

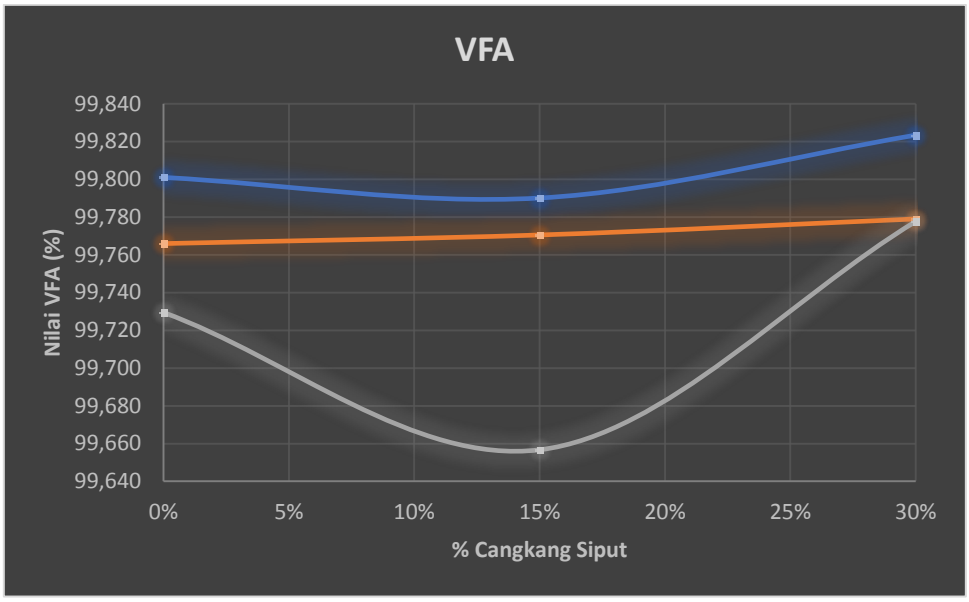
***Void Filled With Asphalt* (VFA)**

Void Filled With Asphalt (VFA) adalah persentase rongga di antara partikel agregat dalam *Void In Mineral Aggregate* (VMA) yang terisi dengan aspal. Dengan menggunakan subtitusi cangkang siput pada aspal dengan variasi 0%, 15%, dan 30%, nilai *Void Filled With Asphalt* (VFA) dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Gambar 9.

Tabel 12 Perhitungan *Void Filled With Asphalt* (VFA)

No	Kadar Aspal (%)	0%	15%	30%
1	5	99,801	99,790	99,823
2	6	99,766	99,771	99,779
3	7	99,730	99,657	99,778

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Gambar 9 Grafik *Void Filled With Asphalt* (VFA)

Dari Tabel 14 dan Gambar 9 di atas, dapat dilihat bahwa nilai *Void Filled With Asphalt* (VFA) untuk bahan tambah cangkang siput dengan variasi 0%, 15%, dan 30% semuanya memenuhi batas spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai batas *Void Filled With Asphalt* (VFA) yang disyaratkan adalah lebih dari 65%, dan semua variasi dalam penelitian ini telah memenuhi kriteria tersebut.

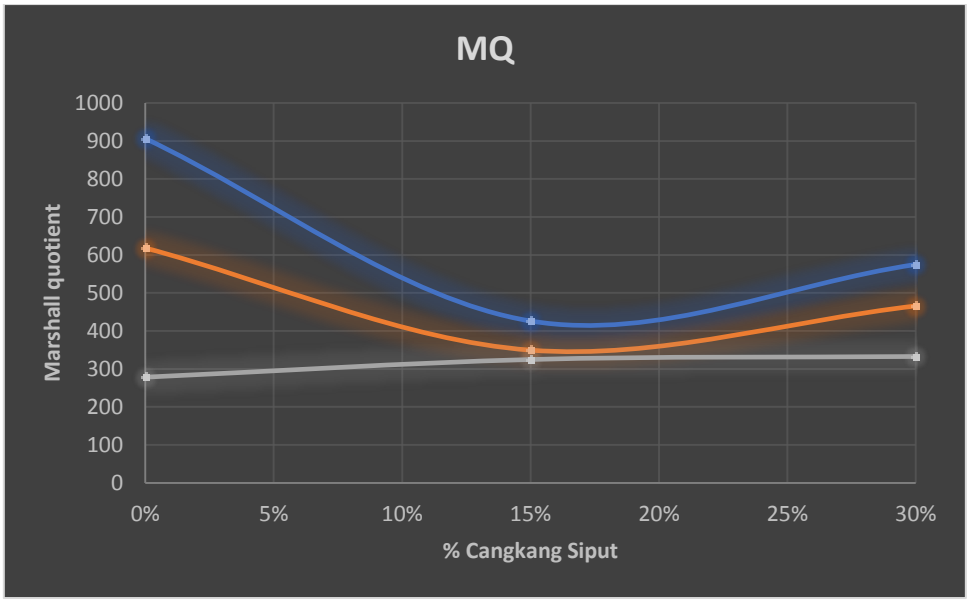
***Marshall Qoutient* (MQ)**

Hasil perhitungan dari *Marshall Qoutient* (MQ) dengan menggunakan subtitusi cangkang siput terhadap aspal dengan variasi 0%, 15%, dan 30%, dapat di lihat pada Tabel 15 dan Gambar 10.

Tabel 13 Perhitungan *Marshall Qoutient* (MQ)

No	Kadar Aspal (%)	0%	15%	30%
1	5	906,583	426,075	574,856
2	6	618,125	349,313	465,693
3	7	278,156	324,670	332,638

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Gambar 11 Grafik *Marshall Qoutient* (MQ)

Dari Tabel 15 dan Gambar 11 di atas, dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* (MQ) untuk bahan tambah cangkang siput dengan variasi 0%, 15%, dan 30% semuanya memenuhi batas spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai batas *Marshall Quotient* (MQ) yang disyaratkan adalah > 250 kg/mm, dan semua variasi dalam penelitian ini telah memenuhi kriteria tersebut.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian campuran aspal jenis *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) dengan menggunakan cangkang siput dengan variasi 0%, 15%, dan 30% sebagai pengganti *filler*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai Nilai karakteristik Marshall dengan menggunakan cangkang siput sebagai bahan pengganti filler pada lapisan *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) dengan aspal penetrasi 60/70 yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 adalah Cangkang siput dengan variasi 0% ini memiliki nilai Stabilitas sebesar 2473 kg, *Flow* 5 mm, VIM 30,12%, VMA 39,37%, VFA 99,77%, *Marshall Quotient* 601 kg/mm, dengan variasi 15 % ini memiliki nilai Stabilitas sebesar 2166 kg, Flow 6 mm, VIM 27,63%, VMA 37,25%, VFA 99,74%, Marshall Quotient 367 kg/mm, dan dengan variasi 30% ini memiliki nilai Stabilitas sebesar 2208 kg, *Flow* 5 mm, VIM 33,6%, VMA 42,38%, VFA 99,8%, Marshall Quotient 458 kg/mm.
2. Campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) dengan menggunakan bahan tambah cangkang siput sebagai *filler* dengan variasi 0%, 15%, dan 30% pada kondisi optimum menunjukkan bahwa semua hasil pengujian, yaitu *Stability*, *Void In Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filled With Asphalt* (VFA), dan *Marshall Quotient* (MQ), memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Sedangkan *Flow* dan *Void In Mix* (VIM) pada variasi 15% dan 30% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

SARAN

1. Penelitian menggunakan cangkang siput sebagai bahan pengganti *filler* memerlukan pemahaman yang teliti tentang tahapan perencanaan campuran aspal yang mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2018. Hal ini penting untuk meminimalkan kesalahan dalam pembuatan campuran beraspal dan memastikan bahwa campuran aspal yang dihasilkan berkualitas dan sesuai dengan standar.
2. Selama penelitian, pemeriksaan gradasi dan berat jenis harus dilakukan dengan teliti pada setiap tahap pencampuran (*Hot Mix Formula*). Ketelitian dalam pemeriksaan ini sangat penting untuk memastikan konsistensi dan kualitas campuran aspal yang dihasilkan.
3. Pada saat penelitian agar memperhatikan variasi campuran 15% dan 30 % karena pada *Flow* dan *Void In Mix* (VIM) tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

REFERENSI

Badan Standardisai Nasional. (1991). Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall. *Sni 06-2489-1991*, *1*, 7.

Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 03-1968-1990 : Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–24.

Besouw, G. V., Manoppo, M. R. E., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., Manado, R., Kehalusan, M., & Belakang, L. (2019). Pengaruh Modulus Kehalusan Agregat Terhadap Penentuan Kadar Aspal Pada Campuran Jenis AC-WC. 7(4), 481–490.

Jenderal, D., & Marga, B. (2018). *Spesifikasi umum 2018*. *September*.

Kurniasari, F. D., Sugiarto, S., Sipil, M. T., Teknik, F., Kuala, S., Aceh, B., Sipil,

Mudjanarko, S. W., & Limantara, D. (n.d.). *Studi Penggunaan Variasi Campuran Material Plastik Jenis High Density Polyethylene (HDPE) Pada Campuran Beraspal Untuk Lapis Aus AC- WC (Asphalt Concrete Wearing Course)*. *8*, 222–233.

Rahman, A., Djuniati, S., Wibisono, G., Jurusan Teknik Sipil, M., & Jurusan Teknik Sipil, D. (2017). Pengaruh Pasir Pulau Bungin Kabupaten Kuantan Singingi Pada Campuran Laston Lapis Fondasi/Asphalt Concrete Base (Ac-Base). *Jom FTEKNIK*, *4*(2).

Serbuk, P., Cangkang, A., Sebagai, K., Filler, P., & Campuran, P. (2021). *Pengaruh Serbuk Abu Cangkang Kerang Sebagai Bahan Pengganti Filler Pada Campuran Aspal Effect of Shell Ash Powder as a Substitute for Filler in Asphalt Mixture*. *5*(September), 132–142.

Sukirman, S. (2010). Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).

Sukirman, S. 2003. (2006). Beton Aspal Campuran Panas. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).

Syafpoetri, N. A. D. I., Djauhari, Z., & Olivia, M. (2018). *Karakteristik Mortar Dengan Campuran Dalam Rendaman Nacl*.*14*(1), 63–72.

Widyaningsih, N., & Hamzah, F. F. (2019). Pengaruh Variasi Kadar Filler Abu Cangkang Kerang Terhadap Parameter Marshall Di Lapisan Laston Ac-Wc. *Teknika*, *14*(1), 22. https://doi.org/10.26623/teknika.v14i1.1517

Wahyuni, A. S., Dlucef, A., & Supriani, F. (2013). Pengaruh penambahan serat bambu dan penggantian 10% agregat halus dengan abu sekam padi dan abu cangkang lokan terhadap kuat tarik beton 1,3). Jurnal Inersia, 5(2), 33–39.