

PEMANFAATAN CANGKANG KIJING (*PILSBRYOCONCHA EXILIS*) SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP CAMPURAN LAPISAN AC-WC

Cut Nawalul Azka¹⁾, Yulia²⁾, Putri Para Junita³⁾

^{1),2,3)}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Aceh
Email : cut.nawalulazka@unmuha.ac.id¹⁾, kedua; putrifarayudita14@gmail.com²⁾

ABSTRAK

Pemanfaatan Cangkang Kijing atau disebut *Pilsbryoconcha Exilis* sebagai substitusi agregat halus pada campuran lapisan aspal beton (AC-WC) merupakan suatu langkah yang tepat dan strategis untuk mengatasi kekurangan agregat halus yang memenuhi syarat dalam campuran aspal serta mengurangi limbah. Limbah cangkang kijing didapatkan di sungai Kuala Tuha, kecamatan Kuala Pesisir, Kabupaten Nagan Raya. Penggunaan limbah cangkang kijing ini dimaksudkan untuk memperoleh suatu campuran yang memiliki kestabilan dan kekuatan yang baik sehingga bahan tersebut dapat dijadikan sebagai bahan alternatif substitusi agregat halus. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh cangkang kijing sebagai substitusi agregat halus terhadap campuran lapisan aspal beton AC-WC dengan variasi 100%, 75%, dan 50% terhadap berat agregat. Adapun metode yang digunakan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6, dengan menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh dari metode marshall mensyaratkan tujuh parameter yaitu *Density*, VIM, VMA, VFA, Stabilitas, *Flow* dan *Marshall Quotient*, Kemudian setelah didapatkan nilai KAO, maka dilanjutkan pembuatan benda uji terhadap variasi substitusi cangkang kijing dengan agregat halus yang memenuhi yaitu 100% CK:0% AH, 75% CK:25% AH, dan 50% CK:50% AH terhadap berat total agregat halus. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh KAO sebesar 5,00%. Pada campuran aspal untuk persentase cangkang kijing substitusi agregat halus yang memenuhi syarat parameter marshall adalah 75% CK: 25% AH, dimana *density* (2,54 gr), VIM (3,08%), VMA (14,72%), VFA (79,41%), Stabilitas (1299,89 kg), *Flow* (3,33 mm), dan MQ (391,67 kg/mm). Dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan cangkang kijing sebesar 75% terhadap berat agregat mampu menghasilkan stabilitas (min 800 kg), ini membuktikan bahwa meningkatkan adhesi dan kohesi antara agregat dan aspal serta ada kerapatan campuran antara bidang kontak antar agregat.

Kata Kunci : Metode Marshall, Lapisan Permukaan, AC-WC, Stabilitas

ABSTRACT

Utilization of Kijing Shell or Pilsbryoconcha Exilis as substitute for fine aggregate in the asphalt concrete layer mixture (AC-WC) is appropriate and strategic to overcome the shortage of fine aggregate in the asphalt mixture and reduce waste. The Kijing Shell was found in the Kuala Tuha river, Kuala Pesisir sub-district, Nagan Raya Regency. The use of kijing shell waste is intended to obtain a mixture that has good stability and strength, so the material can be used as alternative material for fine aggregate substitution. The purpose was to determine the effect of kijing shells as substitute for fine aggregate on the AC-WC mixture with variations 100%, 75%, and 50% of the total weight of fine aggregate. The method used specifications of bina marga with division 6, with specify the Optimum Asphalt Content (KAO) obtained from the Marshall method terms of seven parameters, is density, VIM, VMA, VFA, stability, flow and marshall quotient, after obtaining the KAO value, then proceed with the manufacture of specimens for variations in the substitution of shells with fine aggregates of 100% CK: 0% AH, 75% CK: 25% AH, and 50% CK: 50% AH of the total weight of fine aggregate. Based on the results, it was obtained KAO was 5.00%. The percentage of fine aggregate substitution of kijing shells on the Marshall parameter is 75% CK: 25% AH, which density (2,54gr), VIM

(3,08%), VMA (14,72%), VFA (79,41%), Stabilitas (1299,89 kg), Flow (3,33 mm), dan MQ (391,67 kg/mm). It can be concluded that the utilization of kijing shells by 75% of the weight of the aggregate is able to result stability (min 800 kg), this proves that it increases the adhesion and cohesion between the aggregate and the asphalt and there is a mixed density between the contact areas between the aggregates.

Keywords: Marshall Test, Surface Layer, AC-WC, Stability

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang teknik sipil mulai maju seiring dengan tuntutan kebutuhan hidup sesuai dengan status sosialnya. Hal ini harus diimbangi dengan prasarana (jalan) yang memadai. Oleh karena itu dalam merencanakan suatu jalan harus memenuhi kriteria awet, aman, nyaman, dan murah.

Dalam ilmu perkerasan terbagi akan tiga jenis lapisan yaitu lapisan perkerasan kaku yang dibuat dari beton semen, lapisan perkerasan lentur yang dibuat dari campuran aspal, agregat dan perkerasan komposit kombinasi antara konstruksi perkerasan lentur dengan konstruksi perkerasan kaku.

Berbagai kerusakan jalan sering terjadi yang disebabkan oleh tonase kendaraan, perubahan lingkungan, serta campuran beraspal di lapangan yang dilakukan dengan suhu tidak tepat seperti halnya suhu pencampuran 160° dan suhu pemadatan 90° (Putra, 2015).

Jenis campuran aspal pembentuk lapisan perkerasan jalan adalah Laston (AC-WC). Laston sebagai lapis aus (AC-WC) merupakan jenis lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, lapisan yang kedap air serta mempunyai kekesatan dengan ketebalan nominal 4 cm, (Salsabila, 2022).

Upaya meningkatkan kinerja pelayanan dalam sektor prasarana dihadapkan dengan kenyataan kendala yang ada, salah satunya adalah keterbatasan dalam sumber bahan material. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut maka diperlukan inovasi terbaru seperti bahan pengganti atau disebut substitusi.

Secara sederhana sumber material alam yaitu Agregat Halus sangat mudah ditemukan, akan tetapi seiring dengan pembangunan jalan akan sangat terbatas dengan keberadaan material. Campuran AC WC menggunakan gradasi menerus. Gradasi menerus adalah gradasi dengan agregat yang semua ukuran butirnya ada dan terdistribusi dengan baik. Agregat ini lebih sering digunakan dalam lapis perkerasan lentur. Untuk mendapatkan pori yang kecil dan kemampuan yang tinggi sehingga terjadi *interlocking* yang baik. Salah satu cara mengatasi permasalahan keterbatasan material dengan mengkombinasikan Cangkang Kijing dengan material yang sesuai dengan standar Bina Marga.

Cangkang kijing merupakan jenis kerang khas di Aceh yang populer di Indonesia. Limbah cangkang kijing memiliki beberapa kegunaan, hasil cangkang ini diperoleh dari sisa olahan limbah pangan yang tidak bisa diolah lagi, sehingga dicoba dijadikan sebagai bahan substitusi pada agregat halus yang akan digunakan pada penelitian ini. Pemanfaatan cangkang kijing dimaksudkan untuk memperoleh suatu campuran nilai kestabilan dan kekuatan yang baik sebagai bahan substitusi pada agregat halus. Bahan yang digunakan adalah cangkang kijing yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) (Bina Marga, 2018). Limbah cangkang kijing didapatkan di sungai Kuala Tuha, kecamatan Kuala Pesisir, Kabupaten Nagan Raya

Menurut (Esentia, 2014) merupakan kandungan ini dapat meningkatkan nilai daya dukung pada suatu campuran Cangkang lokal juga menghasilkan kandungan CaO (Calsium Oksida) yang tinggi (55,1%),CaO mempunyai manfaat sebagai bahan perekat dalam campuran aspal.



(a) (b)

Gambar 1. (a) Cangkang Kijing, (b) Limbah Cangkang Sebagai Substitusi Agregat Halus.
 Sumber Foto: Sungai Kuala Tuha

Ketersediaan cangkang kijing ini yang berasal dari sampah rumah tangga, menjadi inspirasi penulis untuk melakukan penelitian tentang penggunaan cangkang kijing yang dapat dijadikan agregat halus. cangkang kijing ini memiliki kandungan kapur yang bisa memperbaiki nilai daya dukung pada suatu campuran. cangkang kijing mengandung kapur 67,072%, alumina 1,622% dan silika 8,252% (Veranita, 2018). Seperti yang terlihat pada Gambar 1 sebagai berikut.

Menurut (Tahir, 2016), Campuran aspal beton memiliki beberapa karakteristik yang dapat ditinjau. Berikut karakteristik yang dimiliki oleh aspal beton, yaitu :

1. Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk apapun.
2. Keawetan (Durabilitas) adalah kemampuan beton aspal menerima repetasi beban lalu lintas atau gesekan serta keausan akibat perubahan cuaca.
3. fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak.
4. Workbility adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan.
5. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat effisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan

dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

Pengujian Marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*Flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi suatu campuran mulai dari tanpa beban sampai beban maksimum dan dinyatakan dalam milimeter (Sukirman, 2016).

Parameter yang ditentukan dalam pengujian meliputi volumetrik aspal, *density*, stabilitas, *flow* dan marshall quention, yang ditentukan pada kondisi standar 2x75 tumbukan dengan direncanakan untuk melayani lalu lintas berat (Suryanto, 2022). Persyaratan seperti tercantum Tabel 1.

Tabel 2.1 Ketentuan Campuran LASTON

Sifat – Sifat Campuran	LASTON (AC)			
	W C	BC	BAS E	
Penyerapan aspal (%)	Maks	1,2		
Jumlah tumbukan Perbidang		75	112	
Rongga dalam Campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi Aspal (%)		65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
	Min	2	3	
Pelelehan (mm)	Maks	4		6
	Min	250		300
<i>Marshall Quotient</i>	Min	250		300

Sumber. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

2. METODE

Pada dasarnya bagian ini menjelaskan bagaimana penelitian itu dilakukan.

(1). Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini pengujian dilakukan setara bertahap, yaitu dimulai dari pengujian aspal, pengujian agregat, dan pengujian campuran dengan metode marshall. Pengujian terhadap agregat meliputi analisis saringan, berat jenis dan penyerapan, untuk agregat halus lolos saringan No. 16, 30, 50, 100, dan 200 sedangkan untuk agregat kasar lolos saringan ukuran 1 inch, ¾ inch, ½ inch, ⅜ inch, No. 4, dan No. 8. Untuk pengujian aspal meliputi pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala, titik bakar, dan berat jenis aspal. Selanjutnya untuk pengujian terhadap campuran dengan metode marshall yang semua bahan yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada spesifikasi umum yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2018 Divisi 6.

(2). Populasi dan Sampel

A. Metode Campuran Aspal

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode desain empiris secara eksperimen yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada. Penyelidikan eksperimen dapat dilaksanakan didalam maupun diluar laboratorium. Dalam penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan variasi substitusi agregat halus yaitu Cangkang Kijing (100%, 75%, dan 50%) terhadap berat total agregat.

B. Material

Material yang digunakan adalah :

- Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm) yang diproduksi oleh dari PT. Ayu Lestari, Kecamatan. Indrapuri, Kabupaten. Aceh Besar.
- Agregat halus yang digunakan adalah batu pecah lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dan tertahan saringan No. 200 (0,075 mm) yang diproduksi oleh dari PT. Ayu Lestari, Kecamatan. Indrapuri, Kabupaten. Aceh Besar.

- Bahan Substitusi Agregat Halus yaitu Cangkang Kijing lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dan tertahan saringan No. 200 (0,075 mm) yang diproduksi sungai Kuala Tuha, kecamatan Kuala Pesisir, Kabupaten Nagan Raya
- Bahan Pengisi yaitu semen portland, fraksi halus yang sebagian besar lebih dari 75% lolos saringan nomor 200 (0,075 mm) yang diproduksi oleh PT. Semen Andalas Indonesia berlokasi di Kecamatan Lhoknga, Kabupaten Aceh Besar.
- Aspal yang digunakan sebagai bahan campuran perkerasan adalah Aspal Pen 60/70 produksi PT. Pertamina.

C. Membuat Mix Desain

Urutan perencanaan campuran pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Menghitung komposisi campuran berdasarkan data analisa saringan masing masing agregat;
- Menentukan % kadar aspal rencana untuk mencari kadar aspal optimum. 2) Membuat benda uji (briket) untuk masing-masing komposisi campuran 3 briket untuk tiap % kadar aspal rencana.
- Dari hasil perhitungan didapat kadar aspal optimum, selanjutnya dilakukan variasi penambahan substitusi cangkang kijing dengan agregat halus memenuhi syarat yaitu 100% CK : 0% AH, 75% CK : 25% AH, dan 50% CK : 50% AH terhadap berat total agregat halus.

D. Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan benda uji sebanyak 24 benda uji. Adapun kebutuhan benda uji tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel. 3.7 Total Keseluruhan Benda Uji

Kelompok Benda Uji	Jumlah Benda Uji
Benda Uji Untuk Penentuan KAO	15

Pembuatan Benda Uji Untuk Penentuan KAO Dengan Substitusi Cangkang Kijing Sebagai Agregat Halus	15
Total	30

E. Rencana Campuran

Untuk campuran asphalt concrete (AC) dengan spesifikasi gradasi. Setelah di peroleh masing-masing agregat untuk tiap saringan selanjutnya dilakukan proses pencampuran sebagai berikut:

1. Dilakukan penimbangan agregat sesuai dengan prosentase pada target gradasi yang diinginkan untuk masing-masing fraksi dengan berat campuran kira-kira 1200 gram untuk diameter 4 inchi, kemudian dilakukan pengeringan campuran agregat tersebut sampai beratnya tetap sampai suhu 100-110°C.
2. Dilakukan pemanasan aspal untuk pencampuran pada Temperatur 170° C, kemudian masukkan agregat agar temperatur campuran agregat dan aspal tetap maka pencampuran dilakukan di atas pemanas dan diaduk hingga rata.
3. Setelah temperatur tercapai yaitu pada suhu 170°C, maka campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang telah dipanasi pada temperatur 150°C hingga 170°C dan diolesi vaselin terlebih dahulu, serta bagian bawah cetakan diberi sepotong kertas filter atau kertas lilin (waxed paper) yang telah dipotong sesuai dengan diameter cetakan sambil ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali di bagian tepi dan 10 kali di bagian tengah.
4. Pematatan standar dilakukan dengan pematat manual dengan jumlah tumbukan 75 kali di bagian sisi atas kemudian dibalik dan sisi bagian bawah juga ditumbuk sebanyak 75 kali.
5. Setelah proses pematatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun, setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan ejektor dan diberi kode. 6

6. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi dengan jangka sorong, benda uji dengan ketelitian 0,1 mm dan ditimbang beratnya di udara.
7. Benda uji direndam dalam air selama 16-24 jam supaya jenuh.
8. Setelah jenuh benda uji ditimbang dalam air.
9. Benda uji dikeluarkan dari bak dan dikeringkan dengan kain pada permukaan agar kondisi kering permukaan jenuh (saturated surface dry, SSD) kemudian ditimbang.
10. Kemudian dilakukan pengujian marshall, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :
 - a. Benda uji didiamkan selama kurang lebih 24 jam.
 - b. Benda uji direndam didalam water bath (bak perendam) selama 30 menit dengan suhu 60° C.
 - c. Benda uji dikeluarkan dan diletakkan pada alat uji marshall untuk dilakukan pengujian.
 - d. Dari hasil pengujian itu didapatkan nilai stabilitas dan flow.
 - e. Kemudian perhitungan nilai stabilitas dan marshall quotient.

(3). Teknik Pengumpulan Data dan Pengembangan Instrumen

Secara garis besar, prosedur penelitian ini akan diuraikan tahapan-tahapan dan proses pengujian dimulai dari persiapan bahan, pengujian sifat-sifat fisis bahan yang akan digunakan, analisis saringan agregat, pembuatan serta pengujian benda uji dan pada bagian akhir disajikan pengolahan dan analisis data. Adapun jenis data yaitu : data primer dan data sekunder.

A. Data Primer

Data primer adalah data yg di kumpulkan secara langsung melalui serangkaian kegiatan percobaan yang dilakukan sendiri dengan mengacu kepada petunjuk yang ada meliputi pengujian sifat fisis agregat, sifat fisis aspal, pengujian marshall test , dimana keseluruhan pengujian secara langsung

di laboratorium jalan raya Universitas Muhammadiyah Aceh.

B. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang diambil dari hasil penelitian sebelumnya atau yang dilaksanakan yang masih berhubungan dengan penelitian tersebut seperti halnya peta lokasi pengambilan data, sifat kimiawi masing-masing bahan.

Kegiatan penyiapan alat dimaksudkan sebagai penunjang di dalam melakukan penelitian untuk mendapatkan hasil-hasil dari pengujian sifat bahan dan pemeriksaan karakteristik campuran. Adapun alat-alat yang akan digunakan adalah sebagai berikut.

1. Peralatan pemeriksa aspal

- ❖ Alat uji penetrasi aspal
- ❖ Alat uji titik lembek
- ❖ Alat uji titik nyala
- ❖ Uji berat jenis
- ❖ Daktilitas

2. Peralatan pemeriksaan agregat

- ❖ Los angeles
- ❖ Saringan standar satu set (Sieve)
- ❖ Timbangan
- ❖ Tabung picnometer
- ❖ Oven dan pengatur suhu
- ❖ Termometer

3. Alat untuk membuat briket campuran aspal panas terdiri dari:

- ❖ Satu set cetakan (mold) berbentuk silinder dengan diameter 101,45 mm, tinggi 80 mm lengkap dengan plat atas dan leher sambung.
- ❖ Alat penumbuk (compactor) yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg, tinggi jatuh bebas 45,7cm.
- ❖ Satu set pengangkat bricket (dongkrak hidrolis). d. Satu set water bath e. Satu set alat marshall terdiri dari
 - Kepala penekan yang berbentuk lengkung (breaking head)

- Cincin penguji berkapasitas 2500 kg dengan arloji tekan Arloji penunjuk kelelahan

(4). Teknik Analisis Data

1. Analisis data hasil penelitian

Setelah pengujian marshall dilakukan terhadap seluruh benda uji, kemudian dilakukan analisis terhadap data yang diperoleh. Dari hasil pengujian didapatkan nilai-nilai density, stabilitas, flow, VMA, VFA, VIM marshall dan MQ. Kemudian untuk masing-masing parameter yang tercantum dalam persyaratan campuran, digambarkan batas-batas spesifikasi ke dalam grafik dan ditentukan rentang kadar aspal yang memenuhi syarat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1 Hasil Sifat Fisis Agregat dan Aspal

Hasil penelitian yang meliputi pengujian sifat fisis agregat dan aspal dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Agregat Halus (Memenuhi Syarat)

No	Sifat Fisis	Satuan	Hasil	Syarat
1.	Berat Jenis	gr/cm ³	2,775	Min. 2,5
2.	Penyerapan	%	1,119	Mak. 2
3.	Berat Isi	kg/dm ³	1,656	Min. 1

Tabel 4. Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Agregat Kasar

No	Sifat Fisis	Satuan	Hasil	Syarat
1.	Berat Jenis	gr/cm ³	2,738	Min. 2,5
2.	Penyerapan	%	1,739	Mak. 2
3.	Berat Isi	kg/dm ³	1,610	Min. 1
4.	Tumbukan	%	8,9	Mak. 30
5.	Keausan	%	15,00	Mak. 40
6.	Indeks Kepipihan	%	17,18	Mak. 25

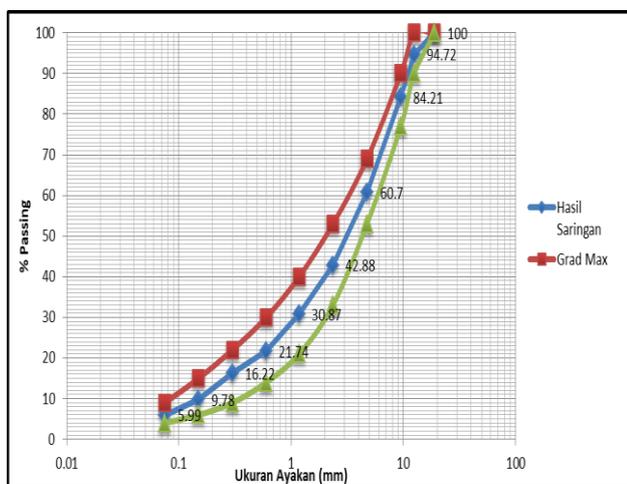
7.	Indeks Kelonjongan	%	15,4 7	Mak. 25
----	--------------------	---	-----------	------------

Tabel 5. Pemeriksaan Sifat – sifat Fisis Aspal Penetrasi 60/70

No	Sifat Fisis	Satuan	Hasil	Syarat
1.	Berat Jenis	gr/cm ³	1,09	Min. 1
2.	Penetrasi	(0,1	65	60 – 70
3.	Titik	Cm	49,5	Min.
4.	Daktilitas	°C	130	Min. 48

2. Hasil Pemeriksaan Gradasi

Pemeriksaan gradasi agregat dilakukan dengan menggunakan analisa saringan terhadap kedua jenis agregat halus dan agregat kasar. Berdasarkan hasil pemeriksaan maka data yang diperoleh dapat disimpulkan selanjutnya dilakukan penggabungan gradasi antara dua fraksi tersebut. Hasilpercampuran dua fraksi tersebut selengkapnya diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Rencana Gradasi Agregat

Untuk penelitian ini, berdasarkan gradasi rencana yang menghasilkan nilai kandungan untuk masing-masing fraksi sebesar: CA= 39,30%, FA= 54,71%, *Filler*= 5,99% dan konstanta yang diambil adalah 0,75. Maka kadar aspal tengah sebesar:

$$\begin{aligned}
 Pb &= 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18 \\
 &\quad (\%filler) + \text{Konstanta} \\
 &= 0,035 (37,30\%) + 0,045(52,71\%) +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &0,18 (5,99\%) + 0,75 \\
 &= 1,3050 + 2,3719 + 1,0782 + 0,75 \\
 &= 5,5
 \end{aligned}$$

Maka, nilai kadar aspal rencana 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0%, dan 6.5%

a. Hasil Pengujian Marshall Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

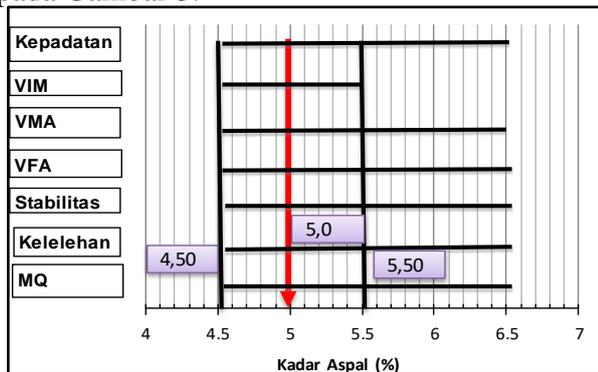
Berdasarkan hasil pengujian Marshall maka diperoleh nilai parameter *Marshall* diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh memenuhi persyaratan parameter Marshall untuk campuran aspal beton (AC-WC) dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini :

Tabel 6 Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Parameter	Kadar Aspal (%)					Syarat
	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
<i>Density</i> (gr/cm ³)	2.5	2.5	2.4	2.5	2.50	≥ 2
VIM (%)	4.7	4.38	4.28	2.29	2.36	3 – 5
VMA (%)	15.1	15.87	16.83	16.17	17.27	≥ 15
VFA (%)	68.6	72.38	74.66	85.82	86.35	> 65
<i>Stabilitas</i> (kg)	862.	1381.37	1697.22	1322.79	895.40	> 800
<i>Flow</i> (mm)	3.6	3.43	2.93	3.80	3.17	2 - 4
<i>MQ</i> (kg)	239.	405.45	630.95	348.16	295.23	> 250

Hubungan antara kadar aspal dengan parameter *Marshall* dianalisa, dengan analisa regresi. Dalam hal ini regresi non linier dianggap paling sesuai. Dari hasil pengujian marshall tersebut maka diperoleh nilai KAO yang akan dijadikan sebagai acuan pada pembuatan benda uji untuk menentukan nilai KAO dengan menggunakan variasi substitusi agregat halus terhadap campuran laston AC-WC, Sesuai dengan persentase yang telah direncanakan. Untuk mempermudah perhitungan regresi tersebut, maka dilakukan dengan menggunakan software *Microsoft Excel*

. Untuk lebih jelasnya grafik hubungan kadar aspal dengan parameter Marshall dapat dilihat pada Gambar 3.



Parameter	Kadar Aspal (%)			Syarat
	100% CK: 0%AH	75% CK: 25%A	50% CK: 50%AH	
Density (gr/cm ³)	2,53	2,54	2,52	≥ 2
VIM (%)	3,35	3,08	3,79	3 – 5
VMA (%)	14,96	14,72	15,34	≥ 15
VFA (%)	77,74	79,41	76,05	> 65
Stabilitas (kg)	797,16	1299,89	1677,73	> 800
Flow (mm)	3,27	3,33	4,17	2 - 4
MQ (kg)	247,53	391,67	404,10	> 250

Gambar 3. Kadar Aspal Optimum (KAO)

b. Hasil Pengujian Terhadap Substitusi Variasi Cangkang Kijing

Setelah dilakukan pengujian *Marshall* terhadap campuran Aspal Beton, selanjutnya membandingkan sifat dan kinerja campuran AC-WC terhadap substitusi Agregat Halus dan Cangkang Kijing pada aspal pen 60/70. Rekapitulasi hasil pengujian substitusi agregat halus dan cangkang kijing dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7 Hasil Pengujian Substitusi Cangkang Kijing Sebagai Agregat Halus

3. Pembahasan

Void In Mix (VIM) merupakan persentase rongga dalam campuran aspal beton. VIM dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh beban lalu lintas atau tempat aspal menjadi lunak, akibat meningkatnya temperatur. Secara keseluruhan nilai VIM memenuhi dengan pencampuran 75%CK : 25%AH spesifikasi yang ditentukan oleh Bina Marga 2018 devisi 6 yaitu sebesar 3 - 5 %. Nilai VIM yang terlalu tinggi akan mengakibatkan berkurangnya keawetan dari lapis keras, karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapis keras sedangkan nilai VIM yang terlalu rendah akan mengakibatkan terjadinya *bleeding* pada lapis keras. Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan penggunaan cangkang kijing dapat memberikan nilai VIM yang lebih baik pada 75% cangkang kijing.

Void In Mineral Agregat (VMA) merupakan volume rongga udara diantara butir-butir agregat dalam campuran beraspal dalam kondisi padat yang dinyatakan dalam persentase terhadap total benda uji. Peningkatan ini terjadi akibat substitusi angrat halus dengan menggunakan cangkang kijing, sehingga dapat dilihat bahwa pengaruh cangkang kijing yang baik. Secara keseluruhan nilai VMA memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh Bina Marga 2018 devisi 6 yaitu sebesar ≥ 15.

Void Filled Asphalt (VFA) merupakan perbandingan antara rongga-rongga yang terisi aspal dengan volume benda uji dan bagian dari volume VMA yang terisi oleh aspal. Bahwa nilai VFA mengalami kenaikan pada setiap persentase, hasil yang diperoleh hampir sama. Nilai VFA mengalami kenaikan pada persentase 75% CK diperoleh nilai 79.41% sedangkan nilai VFA mengalami penurunan pada persentase 100% AH : 0% CK diperoleh nilai 77,74%. Secara keseluruhan nilai VFA memenuhi.

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap gelombang alur atau *bleeding*. Nilai stabilitas

mengalami kenaikan pada persentase 50% AH : 50% CK diperoleh nilai 1677.19%, sedangkan nilai stabilitas mengalami penurunan pada persentase 0% AH : 100% CK diperoleh nilai 797.16. Secara keseluruhan nilai Stabilitas memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh Bina Marga 2018 divisi 6 yaitu sebesar ≥ 800 . Kerapatan campuran yang baik, akan memberikan pengaruh terhadap campuran beraspal.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada segenap teman-teman yang sudah banyak membantu dan memberikan saran dalam penyelesaian penelitian ini serta telah mendukung dalam memberikan data maupun informasi untuk tujuan penelitian ini.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

1. Kadar aspal optimum (KAO) yaitu kadar aspal yang memberikan hasil yang memenuhi spesifikasi dari keseluruhan karakteristik yang ada, berdasarkan evaluasi parameter Marshall dengan *range* nilai KAO diperoleh lebih kecil dari 1% maka campuran akan diuji pada batas *range* bawah, tengah dan batas atas diperoleh yaitu 5%
2. Kinerja campuran AC-WC kombinasi antara cangkang kijing dengan agregat halus alami dengan variasi persentase 50%, 75% dan 100%, berdasarkan pengujian stabilitas terhadap 75% cangkang kijing mampu mengambil air yang ada pada agregat sehingga akan meningkatkan adesi antara agregat dan aspal, dan mengakibatkan ikatan antara agregat lebih kuat yang pada akhirnya akan meningkatkan kerapatan campuran dan meningkatkan bidang kontak antar agregat.

4.2. Saran

1. Di masa yang akan datang penelitian dapat dilanjutkan dengan subjek yang sama dengan diterapkan beberapa variasi yang berbeda dari penelitian ini, antara lain berupa variasi persentase agregat, variasi bahan tambah, dan memanfaatkan abu ampas tebu sebagai pengganti atau substitusi variasi persen *filler*.
2. Campuran yang dilakukan pada penelitian ini adalah AC-WC sehingga dapat dilakukannya pengembangan penelitian campuran lapis perkerasan yang lain seperti AC-BC, AC-Base, HRS-WC, HRS-Base, dan SMA

5. DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga 2018. *Spesifikasi Umum Bidang Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2018 Revisi 6*. Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia.
- Esentia, A., Samsul, B., & Makmun, R. R. (2014). *Pengaruh Penggantian Sebagian Filler Semen Dengan Kombinasi 40% Serbuk Batu Bata Dan 60% Abu Cangkang Lokan Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* (Doctoral dissertation, Universitas Bengkulu).
- Veranita, V., & Chaira, C. (2019). Pengaruh Pemberian Filler Abu Cangkang Lokan Terhadap Parameter Marshall Pada Campuran Aspal Beton. *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, 5(1).
- Salsabilla, N. S. (2022). Pengaruh Hasil Tes Marshall Pada Aspal Dengan Penggunaan Pasir Pantai Alam Indah Tegal Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Campuran Ac-Bc. *Engineering: Jurnal Bidang Teknik*, 13(1), 53-63.
- Sukirman, S., 2016. *Campuran Beraspal Panas*, Penerbit Granit, Bandung

- Suryanto, S., & Nurokhman, N. (2022). *Evaluasi Properti Marshall Terhadap Mutu Aspal Beton Lapangan Pada Runway Bandara Yogyakarta International Airport*. *CivETech*, 4(1), 59-72.
- Tahir, Anas, 2016. *Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara*, Jurnal SMARTek, Vol. 7, No. 4, Nopember 2009: 256 – 278
- Putra, R. Y. (2015). *Pemanfaatan Material Rap Pada Lapis Perkerasan Ac-Wc Dengan Zeolit Alam Sebagai Aditif Dan Aspal Modifikasi Polimer Elastomer Sintetis Pada Suhu Pencampuran 170° C* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).