

Durabilitas Campuran AC-WC Berbasis RAP Menggunakan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Aspal

Ahmad Yusuf Naufal¹⁾

Sasana Putra²⁾

Muhammad Karami³⁾

Rahayu Sulistyorini⁴⁾

Abstract

One method of road infrastructure maintenance is dredging the old asphalt pavement to then be re-coated with a new asphalt pavement. The result of dredging old asphalt pavement is called RAP (Reclaimed Asphalt Pavement). RAP can be used as an aggregate substitution in the manufacture of new asphalt pavement layers, especially in the AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) layer by recycling. In addition to the utilization of RAP, improving the quality of road pavement also needs to be done by modifying paved mixtures by adding additives to the asphalt. The additive added in this study is ATK (Coconut Shell Charcoal). This study aims to determine the effect of the addition of ATK on the durability of RAP-based AC-WC mixtures. Furthermore, the immersion of the test object is carried out with a variation of 30 minutes, 1 day at a temperature of 60 °C. The effect of the addition of ATK to the RAP-based AC-WC mixture on its durability judging from the residual Strength Index (IKS) value shows that the residual strength value is getting smaller along with the increasing rap levels and ATK levels in the mixture, this can be caused because ATK is an organic material that is susceptible to the influence of water and RAP is a used asphalt pavement that has suffered damage due to road service.

Keywords: AC-WC, RAP, Durability, Coconut shell charcoal

Abstrak

Salah satu metode pemeliharaan infrastruktur jalan adalah pengerukan perkerasan aspal lama pada jalan untuk kemudian dilapis kembali dengan perkerasan aspal baru. Hasil dari pengerukan perkerasan aspal lama disebut dengan RAP (Reclaimed Asphalt Pavement). RAP dapat dimanfaatkan sebagai substitusi agregat pada pembuatan lapis perkerasan aspal baru khususnya pada lapisan AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) dengan cara daur ulang. Selain pemanfaatan RAP, peningkatan kualitas dari perkerasan jalan juga perlu dilakukan dengan cara memodifikasi campuran beraspal dengan menambahkan bahan aditif pada aspal. Bahan aditif yang ditambahkan dalam penelitian ini yaitu ATK (Arang Tempurung Kelapa). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan ATK terhadap durabilitas campuran AC-WC berbasis RAP. Selanjutnya perendaman benda uji dilakukan dengan variasi 30 menit, 1 hari pada suhu 60°C. Pengaruh penambahan ATK pada campuran AC-WC berbasis RAP terhadap durabilitasnya ditinjau dari nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) menunjukkan nilai kekuatan sisa yang semakin kecil seiring dengan bertambahnya kadar RAP dan kadar ATK dalam campuran, hal ini dapat disebabkan karena ATK adalah bahan organik yang rentan terhadap pengaruh air dan RAP adalah perkerasan aspal bekas yang telah mengalami kerusakan akibat masa layan jalan.

Kata Kunci: *AC-WC, RAP, Durabilitas, ATK*

¹⁾ Mahasiswa pada Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Surel: ahmadyusufnaufal22@gmail.com

²⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

I. PENDAHULUAN

Jalan merupakan infrastruktur dasar dan memiliki peranan penting dalam menggerakkan roda perekonomian nasional maupun daerah, mengingat pentingnya fungsi jalan untuk meningkatkan distribusi barang dan jasa sekaligus mobilitas penduduk, untuk mempertahankan kelayakan dan kenyamanan jalan, maka perlu dilakukan pemeliharaan secara berkala agar kondisi jalan tetap pada tingkat yang layak dan memperlambat laju penurunan kondisi jalan. Salah satu metode yang digunakan dalam pemeliharaan jalan adalah pengupasan/pengerukan perkerasan aspal lama untuk kemudian dilapis kembali dengan perkerasan aspal baru. Hasil dari pengerukan perkerasan aspal lama disebut dengan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*).

RAP dapat dimanfaatkan sebagai substitusi agregat kasar pada pembuatan lapis perkerasan baru dengan cara daur ulang (*recycling*), hal ini dapat mengurangi penggunaan sumber daya alam dan menekan biaya pengeluaran untuk material baru. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Widayanti dkk, 2017) tentang Karakteristik Material Pembentuk RAP di Jawa Timur, diperoleh hasil bahwa karakteristik RAP memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3 pada parameter viskositas dan titik lembek, tetapi pada nilai penetrasi dan daktilitas RAP tidak memenuhi persyaratan spesifikasi, sehingga perlu penambahan aspal baru atau material lain untuk memperbaiki sifat-sifat fisiknya.

Selain pemanfaatan perkerasan aspal lama, peningkatan kualitas dari perkerasan jalan juga perlu dilakukan dengan cara menginovasi campuran beraspal dengan menambahkan bahan aditif pada aspal. Bahan aditif yang ditambahkan dalam penelitian ini yaitu limbah tempurung kelapa yang telah menjadi arang sebagai bahan *additive* tambahan campuran aspal. Limbah tempurung kelapa sendiri masih belum dikelola dan dimanfaatkan dengan baik di Indonesia, sehingga masih dengan mudah ditemukan dimana saja. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh (Mashuri, 2008) menyatakan bahwa abu arang tempurung kelapa mengandung senyawa karbon non polar sama seperti senyawa karbon pada aspal. Oleh karena itu campuran aspal dengan limbah arang tempurung kelapa ini diharapkan dapat meningkatkan durabilitas atau keawetan campuran aspal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

Reclaimed asphalt pavement (RAP) adalah material hasil pengupasan atau pemrosesan ulang perkerasan yang terdiri atas aspal dan agregat. RAP berpotensi dapat menghemat sumber daya alam dan menghemat anggaran biaya pekerjaan. Pada awalnya, bahan RAP ini merupakan limbah yang tidak dimanfaatkan dan menumpuk di suatu tempat yang mengganggu lingkungan sekitarnya. Kemudian, saat ini mulai dimanfaatkan karena dorongan isu lingkungan untuk mengurangi eksploitasi sumber daya alam, hemat energi, dan mereduksi gas emisi CO₂ (Sunarjono dkk, 2012).

2.2. Lapisan AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)

Beton aspal merupakan jenis aspal perkerasan jalan dari campuran aspal dan agregat, tanpa bahan tambahan maupun tidak. Berbagai macam material yang digunakan untuk membentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampuran pada suhu tertentu setelah itu dibawa ke lokasi, dilakukan penghamparan dan kemudian dipadatkan. Hingga saat ini lapis permukaan atau AC – WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) banyak digunakan untuk lapis teratas pada perkerasan jalan raya yang mempunyai tekstur halus dan

mempunyai gradasi menerus, sehingga akan mengurangi rongga pada struktur agregatnya bila dibandingkan dengan gradasi senjang.

2.3 Arang Tempurung Kelapa

Untuk meningkatkan nilai tambah produk kelapa, perlu dilakukan upaya pemanfaatan tempurung kelapa untuk diolah menjadi arang, mengingat kebutuhan arang tempurung kelapa cenderung meningkat sebagai bahan baku pembuatan arang aktif. Pemanfaatan arang tempurung kelapa juga dilakukan oleh (Wang Dkk, 2020.) pada penelitian "*Partial Replacement of Stone Dust with Coconut Shell Charcoal Powder in Flexible Pavement*" yaitu untuk campuran abu arang tempurung kelapa yang lolos saringan 1,18 mm dipakai sebanyak 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% dan diperoleh nilai stabilitas maksimum pada angka 8% dengan kadar pengikat 4,5%. Persentase rongga udara pada campuran beraspal ini terus menurun dengan meningkatnya kandungan dari bitumen.

2.4 Gradasi Agregat

Gradasi merupakan distribusi partikel agregat yang berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu (Permana, 2015). Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan. Gradasi agregat memiliki satuan dalam persentase tertahan ataupun persentase lolos yang dihitung dari berat agregat (Juharni dkk, 2015). Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada saringan.

Gradasi agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi rapat, dimana gradasi yang memiliki butiran dari agregat kasar sampai halus. Campuran dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar. Gradasi agregat gabungan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler* untuk campuran aspal AC-WC harus memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

2.5 Aspal

Aspal merupakan material yang paling umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai aspal (Sukirman, 2016). Aspal adalah material termoplastik yang akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Fungsi kandungan aspal dalam campuran dapat berperan sebagai selimut agregat dalam bentuk *film* aspal yang berfungsi menahan gaya gesek permukaan dan mengurangi kandungan pori udara yang juga berarti mengurangi infiltrasi air ke dalam campuran.

2.6 Durabilitas

2.6.1 Pengertian

Salah satu karakteristik dari campuran beton aspal adalah durabilitas. Sifat ini berhubungan dengan ketahanan suatu campuran dari penghancuran akibat pengaruh cuaca, air atau beban lalu lintas. Durabilitas merupakan kemampuan campuran beraspal untuk melawan suhu dan air yang terus menerus. Tingkat durabilitas campuran beraspal pada penelitian ini ditinjau menggunakan parameter Indeks Kekuatan Sisa (IKS). Dari nilai tersebut akan memperlihatkan seberapa kuat campuran aspal terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh pengaruh suhu dan air.

2.6.2 Rumus Durabilitas

a) Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

IKS (Indeks Kekuatan Sisa) diperoleh melalui pengujian terhadap sifat mekanik benda uji (stabilitas dan *flow*) yang dibagi menjadi dua kelompok yaitu diuji stabilitas *Marshall*-

nya setelah perendaman dalam air pada suhu 60°C selama waktu T1 dan waktu T2. Dari kedua perendaman tersebut didapat nilai stabilitas *Marshall*, ditentukan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) *Marshall* dengan menggunakan persamaan yang dikemukakan HUNTER (dalam Ratih, 2018) sebagai berikut:

$$IKS = \frac{S1}{S2} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

IKS = Indeks Kekuatan Sisa (%)

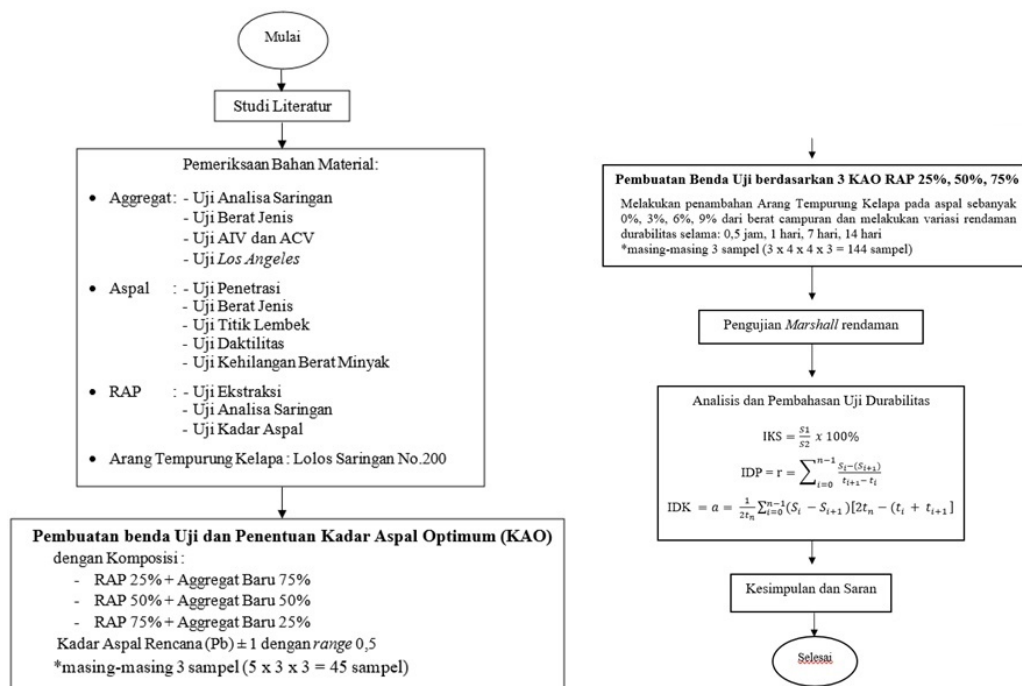
S1 = Nilai rata-rata stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama T1 (Kg)

S2 = Nilai rata-rata stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama T2 (Kg)

Nilai IKS yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah minimum 90%. Nilai tersebut menandakan bahwa campuran aspal masih dianggap cukup tahan terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh pengaruh air.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Untuk lokasi penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3.3 Penyiapan Material

Material yang penulis persiapkan untuk penelitian ini yaitu RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), Arang Tempurung Kelapa, aspal, agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

3.4 Pengujian Material

3.4.1 Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) yang digunakan sebagai bahan dasar campuran pada penelitian ini harus melalui pengujian ekstraksi dan pengujian analisa saringan.

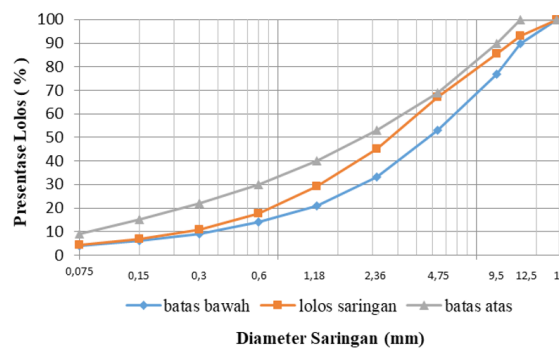
a) Uji Ekstraksi *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP)

Uji ekstraksi RAP dilakukan dengan metode sentrifugal (*centrifuge extractor*). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kadar aspal sisa yang masih menempel pada agregat. Acuan yang digunakan pada pengujian dilakukan berdasarkan: SNI 03-6894-2002 Pengujian Kadar Aspal dari Campuran Beraspal dengan Cara Sentrifus.

b) Uji Analisa Saringan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP)

Uji Analisa Saringan pada *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) bertujuan untuk mengetahui nilai gradasi agregat pada campuran limbah RAP yang akan digunakan sebagai bahan dasar dalam penelitian. Acuan yang digunakan pada pengujian Analisa Saringan dilakukan berdasarkan: SNI 03-1968-1990 Pengujian Analisa Saringan.

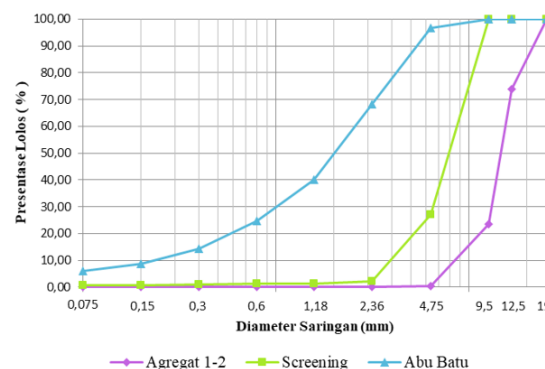
Gradasi RAP hasil dari pengujian analisa saringan pada gambar grafik menunjukkan bahwa RAP yang dipakai masuk spesifikasi AC-WC. Namun, tetap harus dilakukan penambahan agregat baru sebagai peremajaan material campuran perkerasan. Peremajaan ini berfungsi untuk mengembalikan sifat fisik dan kimia dalam campuran.



Gambar 2. Gradasi *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP)

3.4.2 Agregat

Agregat yang digunakan dalam campuran AC-WC terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Sebelum agregat digunakan, dilakukan pengujian *properties*. Hasil pengujian agregat terdapat pada Gambar dan Tabel dibawah ini.



Gambar 3. Kurva sebaran gradasi agregat hasil analisa saringan

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat

No	Jenis Pengujian	Satuan	Syarat	Hasil
A Agregat Kasar (SNI 03-1969-1990)				
1	Berat jenis <i>bulk</i>	gr/cm	>2,5	2,565
2	Berat jenis SSD		>2,5	2,5933
3	Berat jenis semu		>2,5	2,6771
4	Penyerapan	%	<3	1,9636
B Agregat Butir Tengah (SNI 03-1969-1990)				
1	Berat jenis <i>bulk</i>	gr/cm	>2,5	2,565
2	Berat jenis SSD		>2,5	2,6052
3	Berat jenis semu		>2,5	2,6725
4	Penyerapan	%	<3	1,5721
C Abu Batu (SNI 03-1969-1990)				
1	Berat jenis <i>bulk</i>	gr/cm	>2,5	2,6273
2	Berat jenis SSD		>2,5	2,6573
3	Berat jenis semu		>2,5	2,7084
4	Penyerapan	%	<3	1,1409
D	<i>Los Angeles Test</i> (SNI 03-2417:2008)	%	Maks 40	15,772
E	<i>Aggregate Impact Value</i> (BS 812:part 3 : 1975)	%	Maks 30	6,013
F	<i>Aggregate Crushing Value</i> (BS 812:part 3 : 1975)	%	Maks 30	0,91

3.4.3 Aspal

Pengujian aspal dilakukan dengan melakukan uji penetrasi, titik leleh, daktilitas dan berat jenis. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal dengan penetrasi 60/70, dimana aspal dimodifikasi dengan menambahkan serbuk arang tempurung kelapa yaitu sebanyak 0%, 3%, 6%, dan 9%.

Tabel 3. Hasil Pengujian Aspal

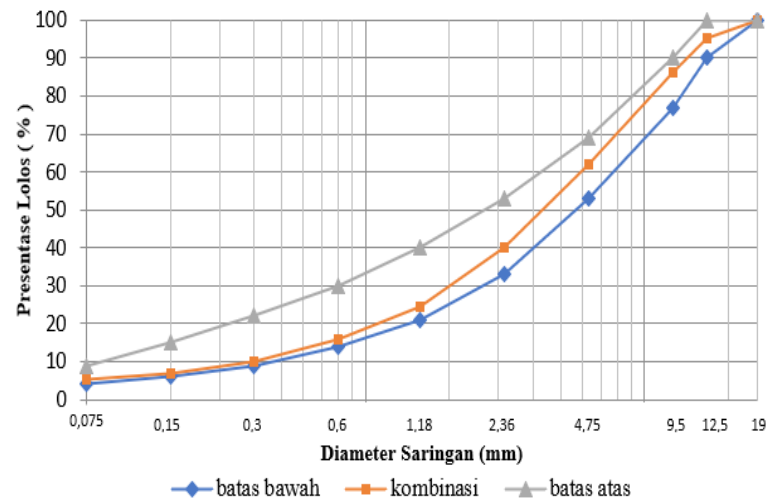
No	Jenis Pengujian	Satuan	Metode Uji	Spesifikasi	Kadar Arang Tempurung Kelapa (%)			
					0	3	6	9
1	Penetrasi	0,1 mm	SNI-06-2456-1991	Min. 40	65	60,8	55,8	53
2	Berat Jenis	gr/cm ³	SNI-06-2441-1991	≥ 1	1,014	1,081	1,101	1,117
3	Titik Lembek	°C	SNI-06-2434-1991	≥ 52	51,5	55,5	56,5	57,5
4	Daktilitas	cm	SNI-06-2432-1991	≥ 100	110	90	75	60

3.4.4 Arang Tempurung Kelapa

Arang Tempurung Kelapa sebagai bahan modifikasi aspal dan bahan pengikat alami (*natural binder*) ditumbuk sehingga menjadi butiran halus yang lolos penyaringan dengan saringan No.200, sehingga arang tempurung kelapa yang lolos saringan No.200 dapat dicampur secara homogen dengan aspal yang digunakan.

3.5 Perhitungan Komposisi Gradasi AC-WC

Campuran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu campuran jenis aspal AC-WC, dimana proporsi pada campuran beraspal yang akan digunakan diperoleh dari hasil pengujian analisa saringan yang telah dilakukan. Gradasi campuran yang digunakan harus memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 untuk campuran AC-WC. Hasil dari proporsi agregat dalam gradasi campuran berdasarkan masing-masing agregat sebesar: agregat kasar 18%, *screening* 25%, abu batu 55% dan *filler* 2%. Proporsi agregat dalam campuran beraspal dan batas atas serta batas bawah spesifikasi AC-WC dapat dilihat pada Gambar grafik berikut ini.



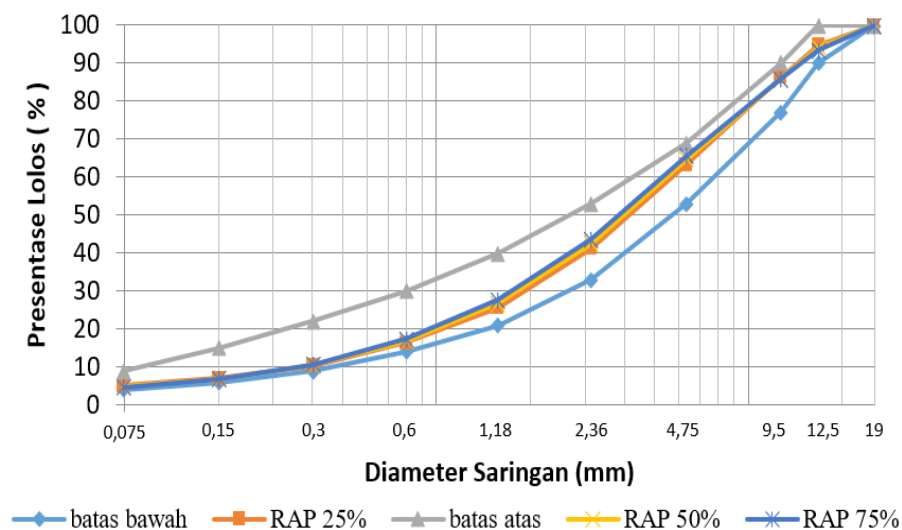
Gambar 4. Amplop Gradasi Gabungan

Dari nilai gradasi gabungan yang telah memenuhi spesifikasi, maka dapat ditentukan hasil pembagian butir agregat yaitu CA (agregat lolos saringan diameter 19 mm dan tertahan saringan diameter 2,36 mm), FA (agregat lolos saringan diameter 2,36 mm dan tertahan saringan diameter 0,075 mm) dan FF (agregat lolos saringan diameter 0,075 mm). Hasil perhitungan proporsi agregat tertera pada Tabel dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Pembagian Butir Agregat

Proporsi Agregat (%)		
CA	FA	FF
37,9	56,6	5,5

Untuk memperoleh campuran gradasi benda uji *Marshall* maka gradasi campuran agregat baru dikombinasikan dengan campuran gradasi agregat RAP dengan persentase 25%, 50%, dan 75% dilampirkan sebagai berikut.



Gambar 5. Gradasi gabungan RAP

Dapat dilihat dari grafik diatas bahwa penambahan kadar RAP tidak mempengaruhi gradasi AC-WC, menandakan bahwa RAP 25%, 50% dan 75% dapat digunakan sebagai campuran gradasi agregat AC-WC. Penambahan jumlah persentase RAP mempengaruhi perubahan proporsi gradasi CA, FA, dan FF, semakin besar kadar RAP maka penambahan fraksi agregat halus semakin sedikit pada camuran rencana dan fraksi agregat kasar semakin besar dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 5. Proporsi CA, FA dan FF persentase RAP

Persentase RAP	Proporsi Agregat RAP			Proporsi Agregat Baru			Jumlah (gram)
	CA (gram)	FA (gram)	FF (gram)	CA (gram)	FA (gram)	FF (gram)	
25%	82,62	156,58	10,80	296,35	409,65	44	1000
50%	165,25	313,16	21,6	213,72	253,07	33,2	1000
75%	247,87	469,74	32,4	131,1	96,5	22,4	1000

3.6 Kadar Aspal Optimum (KAO)

Pada penelitian ini kadar aspal dari benda uji durabilitas diperoleh berdasarkan kadar aspal optimum (KAO). Dibutuhkan 3 nilai KAO berdasarkan masing-masing kadar RAP 25%, 50%, 75%, benda uji yang dibutuhkan untuk memperoleh 1 nilai KAO sebanyak 15 benda uji berdasarkan nilai Pb.

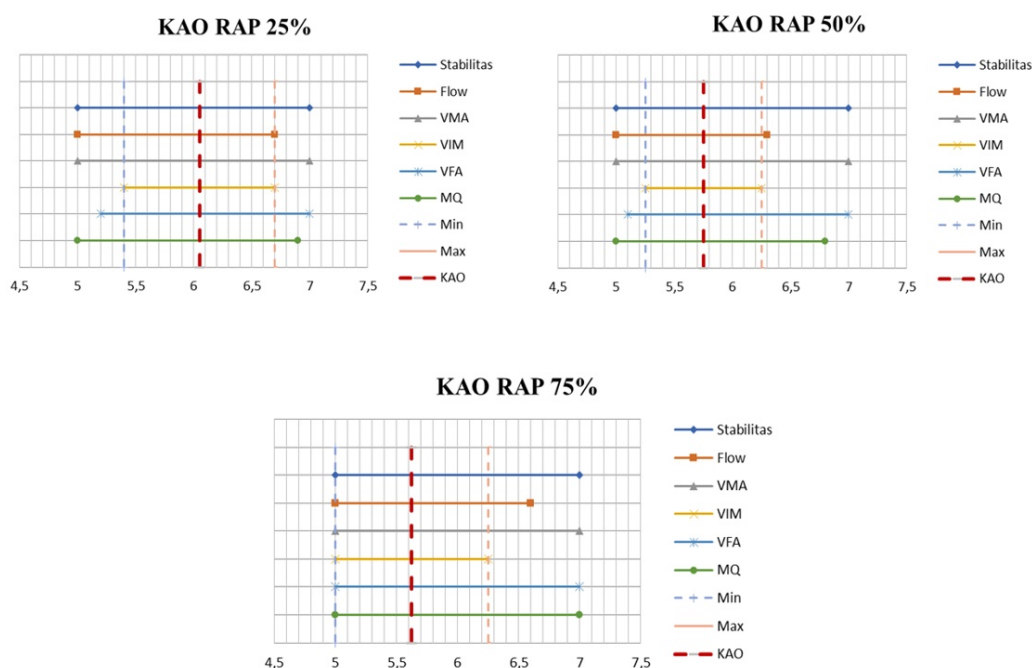
$$\begin{aligned} \text{Pb} &= 0,035 (\% \text{CA}) + 0,045 (\% \text{FA}) + 0,180 (\% \text{FF}) + k \\ &= 0,035 (37,9) + 0,045 (56,6) + 0,18 (5,5) + 1 \\ &= 5,8 \text{ --- dibulatkan menjadi } 6\% \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai Pb yang telah diperoleh, diperlebar menjadi 5 nilai dengan penambahan ± 1 dan *range* 0,5 agar diperoleh kadar aspal yang lebih tepat, maka kadar aspal rencana yang akan digunakan untuk memperoleh nilai KAO yaitu sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Maka total benda uji yang harus dibuat untuk mendapatkan 3 nilai KAO sebanyak 45 benda uji.

Tabel 6. Pembuatan Benda Uji KAO

Nilai Pb	Jumlah Benda Uji KAO			
	RAP 25%	RAP 50%	RAP 75%	Total
5	3 buah	3 buah	3 buah	
5,5	3 buah	3 buah	3 buah	
6	3 buah	3 buah	3 buah	
6,5	3 buah	3 buah	3 buah	
7	3 buah	3 buah	3 buah	
Total	15 buah	15 buah	15 buah	45 buah

Hasil dari pengujian *Marshall* benda uji yaitu berupa nilai stabilitas, *flow*, kepadatan, VIM (*void in mixture*) VMA (*void in mineral aggregate*), VFA (*void filled with asphalt*), dan *Marshall Quotient* (MQ) sebagai acuan dalam penentuan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang dapat dilihat pada masing-masing Gambar Grafik dibawah ini.



Gambar 6. Grafik Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal Optimum (KAO) ditentukan berdasarkan rentang terkecil pada grafik yang memenuhi, maka diambil dari nilai VIM. Nilai rentang terkecil tersebut kemudian dijumlahkan lalu dibagi dua, maka didapatkan 3 Nilai Kadar Aspal Optimum berturut-turut sebesar 6% untuk RAP 25%, 5,75% untuk RAP 50% dan 5,6% untuk RAP 75%. Nilai Kadar Aspal Optimum pada masing-masing campuran RAP digunakan sebagai acuan kadar aspal dalam pembuatan benda uji Durabilitas dengan menambahkan bahan tambah arang tempurung kelapa pada aspal.

3.7 Pembuatan Benda Uji Durabilitas

Setelah melakukan perhitungan komposisi gradasi AC-WC dan mendapatkan 3 nilai kadar aspal optimum (KAO) RAP 25%, 50% dan 75%, dilakukan pembuatan benda uji dengan variasi lama perendaman yang dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 7. Pembuatan Benda Uji Durabilitas 1 KAO

Lama Perendaman	Kadar Arang Tempurung Kelapa				Jumlah Benda Uji
	ATK 0%	ATK 3%	ATK 6 %	ATK 9%	
0,5 jam	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	12
1 hari	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	12
7 hari	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	12
14 hari	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	12
Total					48

Sehingga total benda uji 3 KAO = 3 x 48 = 144 benda uji

3.8 Pengujian Marshall

Pengujian yang dilakukan pada benda uji tersebut yaitu uji *Marshall* untuk mengetahui pengaruh perendaman terhadap campuran yaitu berupa nilai karakteristik *marshall*.

3.9 Analisis dan Pembahasan

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis serta perhitungan durabilitas campuran beraspal AC-WC menggunakan parameter Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dan Indeks Durabilitas Pertama (IDP) serta Indeks Durabilitas Kedua (IDK) yang akan memperlihatkan seberapa kuat campuran aspal berbasis RAP menahan faktor-faktor yang mempengaruhi durabilitas. Sehingga mendapat hasil kesimpulan dan saran.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian *Marshall* Rendaman

Pengujian *marshall* dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh perendaman secara menerus terhadap campuran aspal berbahan dasar RAP 25%, 50% dan 75% yang telah dimodifikasi dengan menambahkan ATK pada aspal. Perendaman sampel dilakukan dengan suhu 60° dengan waktu 30 menit. Selanjutnya benda uji campuran aspal diuji dengan alat tekan *marshall* untuk mendapatkan nilai stabilitas dan *flow*.

Tabel 8. Hasil Pengujian Rendaman 30 Menit Terhadap Stabilitas

Kadar RAP	Kadar Arang Tempurung Kelapa			
	0%	3%	6%	9%
25%	1276,7	1292,2	1411,4	1500,3
	1199,5	1339,0	1443,9	1417,4
	1225,0	1372,1	1449,5	1543,8
Rata-rata	1.233,8	1.334,4	1.434,9	1.487,2
50%	1121,8	1231,6	1426,3	1385,6
	1226,3	1350,6	1293,1	1338,5
	1129,8	1198,8	1356,8	1519,9
Rata-rata	1.159,3	1.260,3	1.358,7	1.414,7
75%	1073,8	1162,4	1253,0	1333,5
	1060,6	1180,6	1243,1	1433,6
	1111,9	1211,7	1355,0	1251,8
Rata-rata	1.082,1	1.184,9	1.283,7	1.339,6

Tabel 9. Hasil Pengujian Rendaman 30 Menit Terhadap Nilai *Flow*

Kadar RAP	Kadar Arang Tempurung Kelapa			
	0%	3%	6%	9%
25%	3,0	2,5	3,0	3,4
	3,5	3,8	3,5	2,2
	3,6	3,4	2,7	3,0
Rata-rata	3,37	3,23	3,07	2,87
50%	3,9	3,3	3,1	2,6
	3,6	4,0	2,5	3,0
	3,1	2,8	3,8	3,1
Rata-rata	3,53	3,37	3,13	2,90
75%	3,5	3,4	3,2	3,3
	3,9	3,8	2,9	2,9
	3,6	3,2	3,6	2,7
Rata-rata	3,67	3,47	3,23	2,97

4.2. Hasil Perhitungan Durabilitas

Pengaruh lama perendaman terhadap kinerja durabilitas campuran AC-WC berbahan dasar RAP 25%, 50% dan 75% yang dimodifikasi dengan menambahkan arang

tempurung kelapa dengan kadar 0%, 3%, 6% dan 9% terhadap variasi rendaman selama 30 menit dan 1 hari.

4.2.1 Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

IKS (Indeks Kekuatan Sisa) diperoleh melalui pengujian terhadap sifat mekanik benda uji yang diperoleh dari uji *marshall* (stabilitas dan *flow*). IKS yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah minimum 90%.

Tabel 10. Indeks Kekuatan Sisa

Kadar ATK	Indeks Kekuatan Sisa (IKS) (%)		
	RAP 25%	RAP 50%	RAP 75%
0%	98,67	94,20	88,05
3%	95,88	91,66	86,15
6%	95,62	91,18	85,21
9%	94,73	90,68	84,51
Spesifikasi Minimal	90	90	90

Nilai IKS dari campuran yang dimodifikasi dengan menambahkan Arang Tempurung Kelapa (ATK) mengalami penurunan seiring dengan semakin banyak persentase ATK yang ditambahkan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar ATK pada campuran maka campuran mengalami kehilangan stabilitas yang semakin besar. Dapat dilihat juga pada tabel hasil perhitungan untuk campuran aspal berbasis RAP 25% dan 50%, nilai IKS memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan oleh (Bina Marga, 2010) yaitu minimal sebesar 90%. Untuk campuran berbahan dasar RAP 75% nilai IKS tidak memenuhi spesifikasi karena tidak melewati batas minimal yaitu sebesar 90%, hal ini menandakan bahwa persentase RAP 75% pada campuran tidak tahan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh suhu dan air.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Durabilitas terbaik ditinjau dari nilai IKS terjadi pada campuran aspal dengan bahan dasar RAP 25% yang tidak dimodifikasi ATK. Kehilangan kekuatan semakin besar seiring dengan bertambahnya kadar RAP dan kadar ATK dalam campuran. Penambahan RAP dengan kadar diatas 50% dalam campuran, berpengaruh terhadap kualitas campuran yang semakin menurun dikarenakan RAP adalah campuran beraspal yang telah mengalami kerusakan akibat masa layan jalan. Dan untuk penambahan ATK mengakibatkan campuran beraspal rentan terhadap pengaruh suhu dan air, hal ini menunjukkan bahwa campuran aspal berbasis RAP diatas 50% yang dimodifikasi dengan ATK tidak efektif jika dipakai pada lapisan AC-WC dikarenakan lapisan ini berhubungan langsung dengan cuaca dan temperatur serta beban yang melintasinya.

5.2. Saran

- Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui persentase maksimum penambahan RAP yang dapat digunakan sebagai campuran beraspal AC-WC.
- Perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk mengetahui durabilitas campuran aspal berbahan dasar RAP menggunakan aspal pen 60/70 yang dimodifikasi dengan menambahkan arang tempurung kelapa pada lapis aspal perkerasan jalan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga, 2010. Spesifikasi umum 2010. *Direktorat Jendral Bina Marga*, 2010 (Revisi 3), 1–6.
- Juharni, R., Magister, P., Keahlian, B., Aset, M., Teknik, F., dan Dan, S., 2015. Analisa Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Sebagai Bahan Campuran Aspal Dingin Jenis Ogems Dengan Menggunakan Aspal Emulsi Modifikasi (Studi Kasus Material RAP Jalan Kolonel H). *Analysis The Use Of Reclaimed Of Asphalt Pavement (RAP) As a Cold. Tesis Rc – 142501*. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Mashuri, 2008. Pengaruh Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa dan Variasi Jumlah tumbukan terhadap karakteristik Campuran Beton Aspal. *Majalah Ilmiah, Mektek*. Jurnal Media Komunikasi Teknologi Edisi Januari 2008, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu.
- Permana, I.G.B.M., 2015. Analisis Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Sebagai Bahan Campuran Aspal Dingin Bergradaasi terbuka dengan Menggunakan Aspal Emulsi Jenis Kationik (Studi Kasus Material RAP dari Jalan Ir. Soekarno Tabanan). *Tesis Rc - 142501*, (tesis). Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Ratih, W. A. W. 2018. Kajian Komparatif Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Bahan Pengikat yang Berbeda. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung. 52 hlm.
- Sukirman, S. 2016. *Beton Aspal Campuran Panas*. Journal of Chemical Information and Modeling. Granit Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Sunarjono, S., Riyanto, A., dan Absori, 2012. Rekayasa Pemanfaatan Reclaimed Asphalt Pavement Untuk Preservasi Konstruksi Jalan. *Symposium Nasional RAPI XI FT UMS*, 48–54.
- Wang, D., Reddy, SVS Vinay., Ch.Hanumantharao., 2020. *Partial Replacement of Stone Dust with Coconut Shell Charcoal Powder in Flexible Pavement*. Koneru Lakshmaiah Education Foundation, India. 8 hlm.
- Widayanti, A., Aryani Soemitro, R.A., Eka Putri, J.J., dan Suprayitno, H., 2017. Karakteristik Material Pembentuk Reclaimed Asphalt dari Jalan Nasional di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 1 (1), 11–22.