

## **Pengaruh Penggunaan Abu Arang Tempurung Kelapa sebagai Filler pada Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Terhadap Karakteristik Campuran Aspal AC-WC**

**Nurul Kholifah\*, Andi Muliana, Asma Massara, Andi Alifuddin, Salim**

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia

\*[nurulkholifah1907@gmail.com](mailto:nurulkholifah1907@gmail.com)

Diajukan: 16 Agustus 2024, Revisi: 20 Agustus 2024, Diterima: 21 Agustus 2024

### **Abstract**

*Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) is a term used to describe the waste generated from the dismantling of the asphalt layer as a result of this procedure. The purpose of this experiment-based research in this laboratory is to determine the effect of the use of charcoal ash as a filler on the AC-WC asphalt RAP mixture on coconut shells. The stability value increased from 1131.79 kg to 1235.46 kg after the addition of RAP with 3% ATK additive using a 20% RAP variation. A lower value of 1141.36 kg was obtained when compared to a mixture that did not contain ATK additives and had a RAP variation of 20%. On the other hand, the mixture that did not include RAP only obtained a value of 967.41 kg, according to the 2018 Bina Marga specification, which is approximately 800 kg. The results of the Marshall Test on the analysis of the influence of RAP with 3% ATK additives can then be concluded that the 20% RAP variation with 3% ATK additives has the highest stability value, while the addition of RAP without ATK additives has a significant influence on the characteristics of AC-WC mixtures.*

*Keywords: RAP, Coconut Shell Charcoal Ash additives, Marshall Test*

### **Abstrak**

Perkerasan Aspal Reklamasi (RAP) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan limbah yang dihasilkan dari pembongkaran lapisan aspal akibat prosedur ini. Tujuan dari penelitian berbasis eksperimen di laboratorium ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu arang sebagai bahan pengisi pada campuran RAP aspal AC-WC pada tempurung kelapa. Nilai stabilitas meningkat dari 1131,79 kg menjadi 1235,46 kg setelah penambahan RAP dengan aditif ATK 3% menggunakan variasi RAP 20%. Nilai stabilitas yang lebih rendah yaitu 1141,36 kg diperoleh jika dibandingkan dengan campuran yang tidak mengandung bahan tambahan ATK dan memiliki variasi RAP 20%. Sebaliknya, campuran yang tidak menyertakan RAP hanya memperoleh nilai sebesar 967,41 kg, sesuai spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu kurang lebih 800 kg. Hasil Uji Marshall pada analisis pengaruh RAP dengan bahan tambahan ATK 3% selanjutnya dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi RAP 20% dengan bahan tambahan ATK 3% mempunyai nilai stabilitas paling tinggi, sedangkan penambahan RAP tanpa bahan tambahan ATK mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik campuran AC-WC.

Kata Kunci : RAP, Abu Arang Tempurung Kelapa, *Marshall Test*

## 1. PENDAHULUAN

Aspal untuk jalan raya merupakan komponen penting dalam memajukan fondasi transportasi jalan raya yang ramah lingkungan, lugas, dan tahan lama. Jalan dapat dikatakan suatu prasarana pendukung kegiatan sosial (Gecong et al., 2019), seperti menggerakkan roda perekonomian dari berbagai pengembangan wilayah yang dibangun dan dimanfaatkan oleh masyarakat secara keseluruhan. Oleh karena itu, perkerasan jalan dan infrastruktur geometriknya harus memadai. (Ningrum, A & Risdianto, 2018)

Hilangnya lapisan aspal praktis menimbulkan limbah yang tidak dapat dimanfaatkan yang biasa disebut dengan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sehingga muncul masalah baru. Pemanfaatan material RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dengan adanya terobosan alat terbaru untuk digunakan kembali sangat perlu difasilitasi karena adanya kepedulian terhadap lingkungan dalam konstruksi Perkerasan jalan (Dzulhadi et al., 2022). RAP adalah perusak jalan dan tak jarang dipakai untuk isi ulang dan juga bisa menghasilkan sampah yang tidak ada gunanya (Mahardi, 2010). Saat ini dengan semakin majunya kemajuan, aksesibilitas material secara keseluruhan semakin kecil, jika ada maka biayanya semakin tinggi, selain itu aksesibilitas aspal juga semakin berkurang, dan biayanya pun semakin mahal (Andi Alifuddin, 2018).

Aspal RAP memiliki kekurangan pada beberapa aspek fisik, maka penggunaannya menimbulkan tantangan. Campuran perkerasan jalan yang mengandung RAP yang getas dan keras merupakan salah satu cirinya (Pasayu et al., 2023). Sebab, aspal sudah semakin tua dan terdapat bahan yang sudah lama berada di permukaan jalan (Massara et al., 2019). Penuaan ini disebabkan oleh keseluruhan berat kendaraan di jalan-jalan Indonesia, kondisi lingkungan seperti suhu, terik matahari, curah hujan, dan kondisi lingkungan seperti suhu. Aspal memiliki daya lekat tinggi dan mampu mengisi rongga antar butir agregat secara merata (Syarkawi et al., 2022). Sifat-sifat dari aspal akan mengalami perubahan seiring dengan panas dan bertambahnya usia aspal. Oleh karena itu, penggunaan RAP sangat penting dimanfaatkan terlebih khususnya perluasan material yang berbeda-beda sehingga dapat mengatasi kekurangan yang ada. (Twidi et al., 2018)

Selain itu, peningkatan produksi tempurung kelapa dapat berpengaruh pada limbah hasil industri yang semakin meningkat yang dihasilkan oleh hasil produksi arang tempurung kelapa yang dapat berpengaruh kurang baik pada lingkungan (Massara et al., 2019). Mashuri (2008) melakukan penelitian mengenai pemanfaatan arang tempurung kelapa sebagai bahan tambah pada gabungan senyawa aspal. Diketahui bahwa arang tempurung kelapa pada gabungan aspal dapat menaikkan kondisi titik lembek aspal, menurunkan angka penembusan yang terjadi, artinya tingkat hilangnya berat aspal akibat suhu yang panas akan berjalan menurun, serta meningkatkan kekuatan dan daya tahan perkerasan (Ningrum, A & Risdianto, 2018).

Penulis berinisiatif untuk melakukan penelitian dengan memperhatikan uraian sebelumnya. menggunakan Abu Arang Tampurung Kelapa dirangkum dalam sebuah judul penelitian “Pengaruh penggunaan abu arang tempurung kelapa sebagai *filler* pada *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) terhadap karakteristik campuran aspal AC - WC”

Tujuan penelitian ini, untuk menganalisis karakteristik campuran RAP pada pengujian *Marshall* tanpa *filler* abu arang tempurung kelapa, serta menganalisis karakteristik campuran RAP pada pengujian *Marshall* dengan *filler* abu arang tempurung kelapa.

## 2. METODE PENELITIAN

### A. Gambaran Umum

Pengambilan hasil perolehan data memerlukan studi eksperimen laboratorium untuk mengetahui sejauh mana pengaruh abu arang tempurung kelapa menjadi objek pengisi pada gabungan aspal AC-WC *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dan pengaruh abu arang tempurung kelapa terhadap karakteristik *Marshall* (Yunanto et al., 2019). Penelitian ini memanfaatkan abu arang dari batok kelapa yang diperoleh di pasar tradisional terdekat. Hal ini membuat tempurung kelapa lebih mudah didapat, akan tetapi apabila tidak dimanfaatkan secara tepat maka akan menjadi limbah dan membahayakan lingkungan (Lagaligo et al., 2022).

## B. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini dilaksanakan pada Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia

## C. Metode Pengujian .

### a) Perencanaan Campuran

Kadar aspal yang ditentukan berdasarkan hasil perhitungan fraksi campuran yang didapatkan dari presentasi gradasi rapat agregat merupakan definisi dari Kadar aspal rencana. Berdasarkan SNI 06-2489-1991 persyaratan dan ketentuan percobaan uji *Marshall* dengan kadar aspal yang digunakan yakni:

- a. Pembuatan campuran dilakukan apabila jumlah kadar aspal di atas atau nilai kadar di bawah nilai  $P_b$  (pendekatan kadar aspal), dengan nilai interval keduanya sebesar 0,5%.
- b. Pembulatan sebesar 5,5% dilakukan apabila pada hasil perhitungan diperoleh angka sebesar 5,7%

### b) Pengujian *Marshall*



**Gambar 1** Alat *Marshall Test*

Mempersiapkan barang yang akan diuji dengan kadar aspal awal atau dasar yang telah didapatkan merupakan bagian dari langkah awal dalam Uji *Marshall*. Aspal dan agregat kemudian digabungkan secara merata sesuai persentase masing-masing suhu pencampuran yang memenuhi spesifikasi setelah disangrai pada suhu standar (RETNO WILIS & RISDIANTO, 2018). Setelah itu, lanjutkan mengaduk campuran agar aspal dapat mengisi rongga agregat. Setelah itu dipadatkan dengan cara ditumbuk sebanyak 75 kali dalam wadah yang sesuai (Yusuf Naufal et al., 2022). Benda uji kemudian dikeluarkan, didinginkan selama 24 jam, dan tinggi sampel diukur dengan ketelitian 0,1 mm. Berat isi kemudian dapat ditentukan dengan menghitung berat dalam kondisi kering. Beratnya

kemudian dihitung kembali ke dalam air dan permukaannya dikeringkan setelah direndam selama 24 jam (Vol et al., 2000).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil dan Pemeriksaan Agregat dan Aspal

Dari hasil analisa karakteristik benda uji telah lolos persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi II sesuai yang termuat pada tabel berikut

**Tabel 1 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar, Agregat Halus, dan Aspal**

No.	Jenis Pemeriksaan	Agregat Kasar		Agregat Halus	Aspal	Spesifikasi
		1-2	0,5-1			
1.	Berat Jenis Agregat					
	a. <i>Bulk</i>	2,61	2,49	2,58		2,4-2,9
	b. SSD	2,59	2,56	2,70		2,4-2,9
	c. <i>Apparent</i>	2,77	2,68	2,51		2,4-2,9
	d. Penyerapan	2,20	2,88	2,89		≤ 3%
2.	Berat Isi					
	a. Gembur (gr/cm <sup>3</sup> )	1,43	1,42			1,4-1,9
	b. Padat (gr/cm <sup>3</sup> )	1,45	1,43	1,682		1,4-1,9
3.	<i>Sand Equivalent</i>	-	-	-		≥ 60%
4.	<i>Sounness Test (%)</i>	0,88	2,09	0,73		≤ 12%
5.	Kelekatan Terhadap Aspal (%)	96%	95%	-		≥ 95%
6.	Penetrasi 25°C (0,1 mm)				61	55-68
7.	Titik Lembek (°C)				52	≥ 49
8.	Daktilitas, 25°C (cm)				146	≥ 100
9.	Titik Nyala (°C)				270	≥ 232
10.	Titik Bakar (°C)				275	≥ 200

11. Berat Jenis	1,030	$\geq 1.0$
-----------------	-------	------------

Sumber : (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

**B. Hasil Pengujian Marshall Pada Campuran AC-WC Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)**

Karakteristik Marshall harus dihitung pada saat menganalisis hasil pengujian Marshall dengan mengatur jumlah aspal agar mendapatkan jumlah aspal terbaik. Varietas bahan kadar aspal yang dimanfaatkan adalah 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%. Direncanakan pemadatan setiap variasi kadar aspal menggunakan jumlah tumbukan 2x75.

**C. Penentuan Kadar Aspal Optimum pada Campuran AC-WC**

Karakteristik campuran Marshall AC-WC diuji dan kadar aspalnya berkurang 5,9% - 4,2% = 1,7%, sehingga menghasilkan kadar aspal (KAO) yang optimal untuk digunakan. Dengan cara ini, zat aspal atau kadar yang ideal untuk digunakan dalam kombinasi WC AC adalah 1,7%.

**D. Analisis dan Hasil Pengujian Marshall Test dengan Menggunakan RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Tanpa Bahan Tambah ATK**

Pengujian ini menggunakan 5 variasi RAP yaitu 0%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dengan bahan tambah masing – masing 3%. Selain itu, pengujian ini juga menggunakan 5 hasil nilai RAP yang berbeda yaitu 0%, 20%, 30%, 40%, dan 50% tanpa bahan tambah dan 2 x 75 tumbukan pada setiap variasi. Berikut merupakan hasil rekapitulasi karakteristik.

**Tabel 2 Rekapitulasi Pengujian Marshall Test dengan Menggunakan RAP dengan Bahan Tambah ATK 3%**

Sifat-sifat campuran	Hasil					Spesifikasi
	Pengujian					
	0%	20%	30%	40%	50%	
Density	2,25	2,28	2,30	2,31	2,32	$\geq 2.2$ kg/mm <sup>3</sup>
VIM; %	4,75	4,66	4,01	3,74	2,89	3 – 5 %
VMA; %	15,39	15,92	16,65	17,01	17,23	$\geq 15\%$
VFA; %	73,89	76,71	75,70	68,85	66,93	$\geq 63\%$
Stabilitas; kg	1131,79	1235,46	1196,09	1160,92	1096,88	800-1800 kg
Flow; mm	3,85	3,53	3,43	3,35	3,57	2-4 mm
MQ; kg/mm	294,05	349,80	348,46	346,55	307,63	$\geq 250$ kg/mm

Sumber : (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

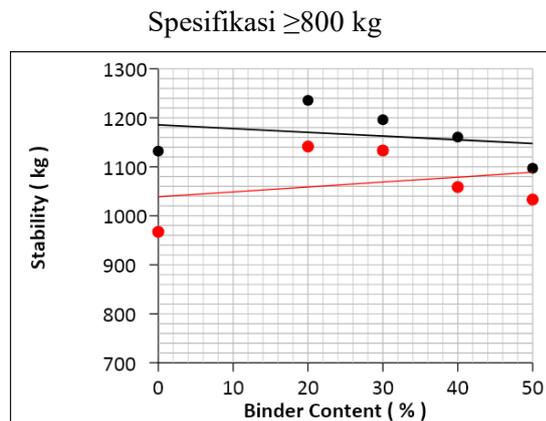
**Tabel 3 Rekapitulasi Pengujian Marshall Test dengan Menggunakan RAP Tanpa Bahan Tambah ATK**

Sifat-sifat campuran	Hasil					Spesifikasi
	Pengujian					
	0%	20%	30%	40%	50%	
Density	2,32	2,29	2,31	2,28	2,33	≥ 2.2 kg/mm <sup>3</sup>
VIM; %	3,70	3,88	3,58	2,96	2,65	3 – 5 %
VMA; %	15,63	16,88	17,37	18,01	17,83	≥ 15%
VFA; %	78,43	76,87	75,74	74,54	68,90	≥ 63%
Stabilitas; kg	967,40	1141,36	1133,27	1058,57	1033,19	800-1800 kg
Flow; mm	2,63	2,53	2,70	2,77	3,20	2-4 mm
MQ; kg/mm	367,98	451,42	426,57	384,39	341,30	Min 250 kg/mm

Sumber : (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

**a) Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Tanpa Bahan Tambah ATK Terhadap Stabilitas**

Berdasarkan analisis grafik 2, nilai stabilitas RAP dengan bahan tambah ATK 3% dan variasi 0% hingga 50% sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu 800 hingga 1800 kg, dan kadar RAP mengalami penurunan 30% hingga 50%. Sedangkan pada RAP tanpa bahan tambah ATK kadar RAP mengalami penurunan sebesar 30% hingga setengah RAP secara terus menerus. Nilai stabilitas pada kisaran 0% hingga 50% memenuhi standar Bina Marga 2018 yaitu 800-1500 kg.

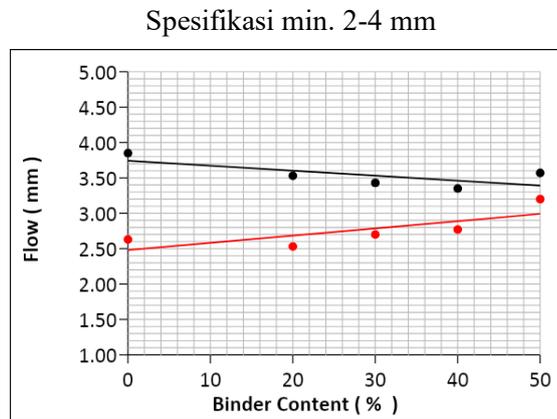


**Ket. :** — : Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3%  
 — : Pengaruh RAP tanpa Bahan Tambah ATK

**Gambar 2 : Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Tanpa Bahan Tambah ATK Terhadap Stabilitas**

**b) Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Tanpa Bahan Tambah ATK Terhadap Flow**

Berdasarkan grafik 3 menunjukkan nilai *flow* dari variasi RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% yaitu 0% sampai 50% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai *flow* dari variasi RAP 0% sampai 40% dengan Bahan Tambah ATK 3% mengalami penurunan dan kembali mengalami peningkatan pada variasi 50%. Sedangkan nilai *flow* dari variasi RAP tanpa Bahan Tambah ATK yaitu 0% sampai 50% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai *flow* dari variasi RAP Tanpa Bahan Tambah ATK pada variasi 0% mengalami penurunan sampai pada variasi 20% dan kemudian mengalami peningkatan pada variasi 30% sampai dengan variasi 50%.



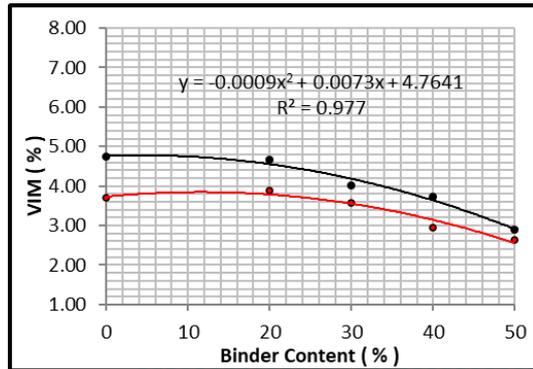
**Ket. :** — : Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3%  
 — : Pengaruh RAP tanpa Bahan Tambah ATK

**Gambar 3 Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Pengaruh RAP tanpa Bahan Tambah ATK Terhadap Flow**

**c) Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Tanpa Bahan Tambah ATK terhadap VIM (Void in Mixture)**

Dari pemeriksaan grafik 4 menunjukkan bahwa nilai VIM pada variasi RAP dengan bahan tambah ATK 3%, khususnya 0% sampai 40% memenuhi ketentuan Bina Marga 2018 dan variasi setengahnya tidak memenuhi ketentuan. Dari variasi RAP 0% hingga variasi RAP 50%, nilai VIM mengalami penurunan persentase volume rongga campuran. Sedangkan nilai VIM pada variasi RAP tanpa bahan tambah ATK yaitu 0% sampai 30% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dan kombinasi 40% dan setengahnya tidak memenuhi spesifikasi. Nilai VIM mengalami kenaikan mulai variasi 0% sampai dengan variasi 20% dan akan mengalami penurunan nilai volume rongga campuran mulai dari variasi RAP 30% sampai dengan setengah RAP.

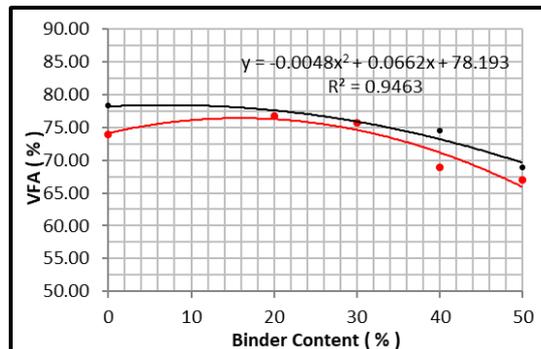
Spesifikasi min. 3-5%



**Ket. :** — : Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3%  
 — : Pengaruh RAP tanpa Bahan Tambah ATK

**Gambar 4** Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Pengaruh RAP tanpa Bahan Tambah ATK terhadap VIM (*Void in Mixture*)

**d) Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Tanpa Bahan Tambah ATK terhadap VFA (*Void Filled with Asphalt*)**



Spesifikasi min. 63 %

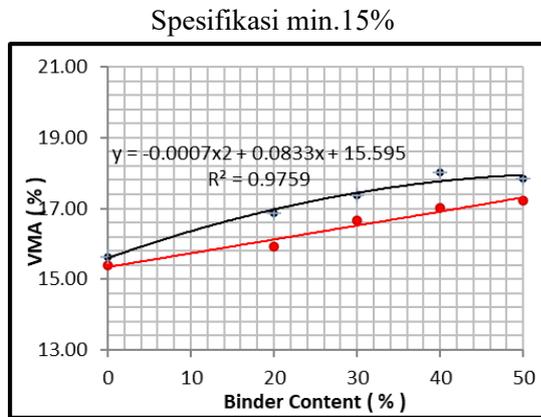
**Ket. :** — : Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3%  
 — : Pengaruh RAP tanpa Bahan Tambah ATK

**Gambar 5** Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Pengaruh RAP tanpa Bahan Tambah ATK terhadap VFA (*Void Filled with Asphalt*)

Penggunaan 3% ATK pada 0% hingga setengahnya memenuhi persyaratan. Nilai VFA memperluas nilai laju volume rongga campuran mulai dari variasi 0% RAP hingga 20% RAP. Meskipun demikian, pada variasi RAP 30% hingga setengahnya mengalami penurunan. Namun, persyaratan tersebut dipenuhi oleh varian RAP tanpa bahan tambahan ATK, yang berkisar antara 0% hingga 50%. Dari variasi RAP 0% hingga variasi RAP 50%, nilai VFA mengalami penurunan persentase volume rongga campuran.

**e) Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Tanpa Bahan Tambah ATK terhadap VMA (*Void in Mineral Aggregate*)**

Dari hasil pemeriksaan grafik 6 menunjukkan bahwa variasi RAP dengan bahan tambah ATK 3% sebesar 0% hingga setengahnya dalam kombinasi secara keseluruhan mencukupi nilai VMA dalam campuran menurut spesifikasi Bina Marga, yaitu sekitar 15%. Nilai VMA membangun nilai kadar dari volume depresi campuran yang dimulai dari variasi RAP 0% hingga setengah RAP. Sedangkan jenis RAP tanpa bahan tambah ATK dengan kadar 0% sampai setengahnya dalam campuran nilai VMA dalam kombinasi sesuai dengan standar Bina Marga, yaitu tidak kurang dari 15%. Nilai VMA memperluas nilai volume rongga pada variasi RAP 0% hingga 40%. Meskipun demikian, variasi setengah RAP telah berkurang

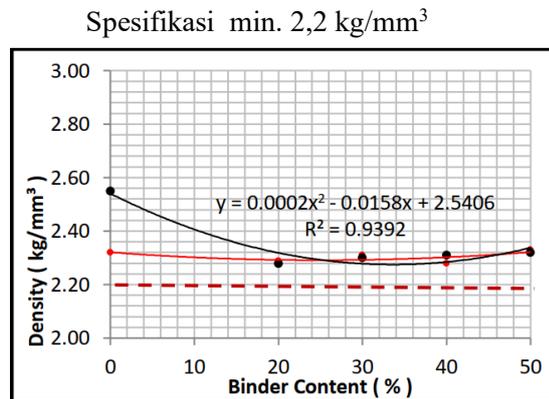


**Ket. :** — : Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3%

— : Pengaruh RAP tanpa Bahan Tambah ATK

**Gambar 6 Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Pengaruh RAP tanpa Bahan Tambah ATK terhadap VMA (*Void in Mineral Aggregate*)**

**f) Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Tanpa Bahan Tambah ATK terhadap *Density***



**Ket. :** — : Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3%

— : Pengaruh RAP tanpa Bahan Tambah ATK

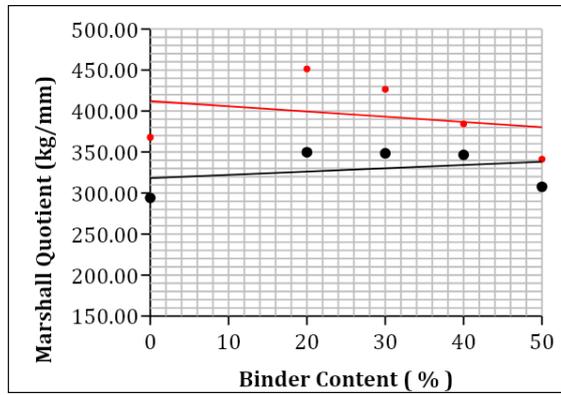
**Gambar 7 Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Pengaruh RAP tanpa Bahan Tambah ATK terhadap *Density***

Nilai *density* pada kadar RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% pada 0% sampai 50%. Seperti yang ditunjukkan pada grafik 7, peningkatan seiring bertambahnya RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan telah memenuhi standar yaitu min 2,2 kg/mm<sup>3</sup>. Sedangkan

nilai *density* pada kadar RAP tanpa Bahan Tambah ATK pada 0% sampai 50% mengalami penurunan seiring bertambahnya RAP tanpa Bahan Tambah ATK dan telah memenuhi spesifikasi yaitu min 2,2 kg/mm<sup>3</sup>Spesifikasi min.65%.

**g) Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Tanpa Bahan Tambah ATK terhadap Marshall Quotient (MQ)**

*Spesifikasi min. 250 kg/mm*



**Ket. :** —: Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3%

— : Pengaruh RAP tanpa Bahan Tambah ATK

**Gambar 8 Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% dan Tanpa Bahan Tambah ATK terhadap Marshall Quotient (MQ)**

Dari perolehan nilai pada grafik 8 menunjukkan nilai MQ variasi RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% pada 0% sampai 50% memenuhi spesifikasi dan mengalami penurunan pada variasi RAP 30% sampai 50%. *Quotient* = 353,77 kg/mm. Sedangkan nilai MQ variasi RAP tanpa Bahan Tambah ATK pada 0% sampai 50% memenuhi spesifikasi. Pada variasi RAP 30% sampai 50% mengalami penurunan.

**E. Pengaruh RAP dengan Bahan Tambah ATK 3% Pada Campuran AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall**

Hasil pengujian *Marshall* menggunakan kadar aspal optimum pengaruh RAP memakai Bahan Tambah ATK 3% dapat disimpulkan bahwa variasi penggunaan RAP 22,34% optimum dengan Bahan Tambah ATK 3%. Seiring dengan penambahan RAP dengan bahan tambah ATK 3% stabilitas semakin menurun. Selain itu, nilai *flow* juga mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar RAP dengan bahan tambah ATK 3% yang dimana berbanding lurus dengan nilai VIM dan VFA sehingga nilai VMA mengalami peningkatan. Adapun nilai *Density* yang mengalami peningkatan dari kadar 0% sampai 50%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan RAP dengan bahan tambah ATK 3% cukup berpengaruh terhadap karakteristik campuran AC-WC.

**F. Pengaruh RAP tanpa Bahan Tambah ATK Pada Campuran AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall**

Pengaruh RAP tanpa Bahan Tambah ATK dapat disimpulkan bahwa variasi penggunaan RAP 26,89% tanpa Bahan Tambah ATK memiliki stabilitas optimum. Seiring dengan penambahan RAP stabilitas semakin menurun. Selain itu, nilai *flow* juga mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar RAP tanpa bahan tambah ATK yang dimana berbanding terbalik dengan nilai VFA dan VIM sehingga nilai VMA mengalami peningkatan. Adapun nilai *Density* yang mengalami penurunan dari kadar 0% sampai 50%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan RAP tanpa bahan tambah ATK cukup berpengaruh terhadap karakteristik campuran AC-WC. Jika dibandingkan pada saat menggunakan bahan tambah Abu Arang Tempurung Kelapa, penambahan Abu Arang

Tempurung Kelapa sebagai filler cukup berpengaruh untuk mengalami perubahan karakteristik.

#### 4. PENUTUP

##### A. Kesimpulan

1. Dari perolehan data Pengaruh RAP dengan bahan tambah ATK 3%, hasil pengujian *Marshall Test* memiliki nilai Stabilitas dengan nilai optimum berada di variasi RAP 22,34% dengan bahan tambah ATK 3%. Seiring dengan penambahan RAP dengan bahan tambah ATK 3% stabilitas semakin menurun. Kadar rongga rendah dapat menghasilkan kepadatan yang berlebih sehingga akan di perkirakan campuran aspal mengalami *bleeding*. Selain itu, nilai *flow* juga mengindikasikan terjadi penurunan bertambahnya kadar RAP dengan bahan tambah ATK 3% yang dimana berbanding terbalik dengan nilai VFA sehingga nilai VIM dan VMA mengalami penurunan. Adapun nilai *Density* yang mengalami peningkatan dari kadar 0% sampai 50%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan RAP dengan bahan tambah ATK 3% cukup berpengaruh pada nilai karakteristik campuran AC-WC.
2. Dari hasil uji analisis Pengaruh RAP tanpa bahan tambah ATK , hasil pengujian *Marshall Test* memiliki nilai Stabilitas dengan nilai optimum berada di variasi RAP 26,89% tanpa bahan tambah ATK. Seiring dengan penambahan RAP stabilitas semakin menurun. Kadar rongga rendah dapat menghasilkan kepadatan yang berlebih sehingga akan di perkirakan campuran aspal mengalami *bleeding*. Selain itu, nilai *flow* juga menunjukkan terjadi peningkatan seiring bertambahnya kadar RAP tanpa bahan tambah ATK yang dimana berbanding terbalik dengan nilai VFA sehingga nilai VIM dan VMA mengalami peningkatan. Adapun nilai *Density* yang mengalami penurunan dari kadar 0% sampai 50%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan RAP tanpa bahan tambah ATK cukup berpengaruh terhadap karakteristik campuran AC-WC. Jika dibandingkan pada saat menggunakan bahan tambah Abu Arang Tempurung Kelapa, penambahan Abu Arang Tempurung Kelapa sebagai *filler* cukup berpengaruh secara signifikan untuk mengalami perubahan karakteristik.

##### B. Saran

1. Pada pengujian ini disarankan untuk melakukan lagi observasi secara meluas terkait pengaruh penambahan RAP dan Abu Arang Tempurung Kelapa dengan menggunakan campuran lapisan lain seperti AC-BC, AC-Base, campuran lapisan Lataston, campuran *Split Mastic Asphalt*, dan lain-lain.
2. Dari hasil uji analisis penelitian ini dapat dikembangkan ke depannya dengan memakai Abu Arang Tempurung Kelapa sebagai bahan tambah pada suatu kombinasi dengan pengujian lain seperti pengujian ITS, Durabilitas. Dan lain-lain
3. Disarankan untuk penelitian selanjutnya melakukan penelitian dengan mengambil variasi bahan tambah selain abu arang tempurung kelapa yang digunakan agar lebih mengetahui pengaruh RAP jika menggunakan bahan tambah terhadap gabungan aspal beton.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andi Alifuddin. (2018). Pengaruh Penggunaan Serat Ijuk pada Campuran beton Aspal Dengan Metode Kepadatan Mutlak Terhadap Peningkatan Tegangan Tarik. *Repository BKG (Brawijaya Knowledge Garden)*, 48–50.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, Revisi 2*, 6.1-6.104.
- Dzulhadi, R., Putra, S., Herianto, D., & Sulistyorini, R. (2022). *Kajian Penelitian Limbah Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Aspal Untuk Campuran*

*Split Mastic Asphalt*. 10(1), 205–216.

- Gecong, A., Salida, S. A., & Maqriani. (2019). Studi Penggunaan Serbuk Eceng Gondok Terhadap Peningkatan Tegangan Tarik pada Campuran Beton Aspal. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 4(3), 295–304. <https://doi.org/10.33096/jtسم.v4i3.388>
- Lagaligo, D., Said, L. B., & Alifuddin, A. (2022). Pengaruh Temperatur Pematatan pada Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan Bahan Tambah Karet Alam terhadap Ketahanan Deformasi dan Kuat Tarik Tidak Langsung. *Konstruksi*, 1(11), 23–36.
- Mahardi, P. (2010). *Analisa Campuran AC-WC dengan Agregat Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Filler Fly Ash Sebagai Campuran Induk untuk Penambahan High Density Polyethylene (HDPE) Karismanan*.
- Massara, A., Jannah, M., & AS, P. C. (2019). Deformasi Permanen Terhadap Penggunaan Lateks sebagai Bahan Tambah pada Campuran Beton Aspal. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 4(3), 255–261. <https://doi.org/10.33096/jtسم.v4i3.381>
- Ningrum, A. A., & Risdianto, Y. (2018). Perbandingan Penggunaan Buton Granular Asphalt (BGA) dan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebagai Bahan Substitusi Agregat pada Campuran Aspal Wearing Course (AC-WC) dengan Fly Ash Sebagai Filler. *Rekayasa Teknik Sipil*, 2(2), 1–7. <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/24895/22803>
- Pasayu, D., Arliansyah, J., & Kadarsa, E. (2023). Pemanfaatan Recycling Asphalt untuk Lapisan AC-WC dengan Penambahan Material Bottom Ash pada Perkerasan Lentur. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 12(1), 29–40. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v12i1.182>
- RETNO WILIS, A., & RISDIANTO, Y. (2018). Pengaruh Penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (Rap) Dan Lawele Granular Asphalt (Lga) Sebagai Bahan Substitusi Agregat Pada Campuran Beton Aspal Wearing Course (Ac-Wc) Dengan Fly Ash Sebagai Filler. *Rekayasa Teknik Sipil*, 2(2/REKAT/18), 1–6.
- Syarkawi, M. T., Massara, A., Alifuddin, A., Asmidar, & Putri, R. S. A. (2022). Pengaruh Temperatur Pematatan terhadap Parameter Marshall Test dan Tegangan Tarik pada Campuran Split Mastic Asphalt. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil*, 4(1), 78–89.
- Twidi, R., Program Doktor, B., Sugeng, B., Program Doktor, S., Rahman, H., & Doktor, P. (2018). Campuran Beraspal Menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement Dan Agregat Slag Baja. *Agustus*, 18(2), 117–126.
- Vol, J. S., Penambahan, P., Terhadap, A., & Ambon, K. (2000). *MARSHALL PADA MATERIAL RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*. 13(1), 683–689.
- Yunanto, K. E., Mahardi, P., & Risdianto, Y. (2019). *Analisa Campuran AC-WC dengan Agregat Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Filler Fly Ash Sebagai Campuran Induk untuk Penambahan Styrofoam (Polystyrene)*. 2014.
- Yusuf Naufal, A., Putra, S., Karami, M., & Sulistyorini, R. (2022). *Durabilitas Campuran AC-WC Berbasis RAP Menggunakan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Aspal*. 10(1), 193–204.