

## Penentuan Job Mix Formula Lapis AC-WC Dengan Memanfaatkan aspal Daur Ulang

Pinggir Olga Sri Dewi<sup>1</sup>, Evi Puspitasari<sup>2</sup>, Ria Miftakhul Jannah<sup>3</sup>

Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tidar Jalan Kapten Suparman No.39

E-mail: pinggirolga71@gmail.com

**Abstrak.** Jalan ialah salah satu prasarana yang sangat krusial serta sangat diperlukan masyarakat, karena fungsinya untuk mendorong mobilisasi dan arus transportasi darat untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Tujuan penelitian ini mencari nilai Kadar Aspal Optimum, kekuatan, dan kelayakan perkerasan baru dengan material Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) terhadap karakteristik Marshall. Metode penelitian ini menggunakan metode Marshall dengan melihat nilai karakteristik Marshall. Hasil penelitian menunjukkan nilai Kadar Aspal Optimum pada kadar 6%, dari uji awal setiap variasi kadar aspal memiliki kekuatan campuran perkerasan yang nilai karakteristik marshallnya memenuhi spesifikasi campuran AC-WC yaitu 5,8 % - 6,75 %, dan aspal daur ulang layak digunakan kembali untuk perkerasan jalan baru. Hal ini mampu mengurangi penggunaan material yang berlebihan, serta mampu mengurai biaya terhadap pembuatan perkerasan jalan baru.

Kata kunci: *RAP, Marshall, AC-WC*

**Abstract.** The road is one of the infrastructure that is very crucial and very needed by the community, because of its function to encourage mobilization and flow of land transportation to meet the needs of the community. The aim of the study was to look for optimum asphalt value, strength, and feasibility of new pavement with Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) material against Marshall's characteristics. This research method uses the Marshall method by looking at the value of Marshall's characteristics. The results showed optimum asphalt levels at 6%, from the initial test each variation in asphalt levels has a mixed strength of pavement whose characteristic value meets the specification of the AC-WC mixture which is 5.8 % - 6.75%, and recycled asphalt is worth reusing for new road pavement. This is able to reduce the use of excessive materials, and able to parse the cost of making new road pavements.

Keyword: *RAP, Marshall, AC-WC*

### PENDAHULUAN

Jalan ialah salah satu prasarana yang sangat krusial serta sangat diperlukan masyarakat, karena fungsinya untuk mendorong mobilisasi dan arus transportasi darat untuk memenuhi kebutuhan masyarakat (Wahyudiono et al., 2020). Semakin tinggi tingkat mobilisasi maka peningkatan lalu lintas jalan akan terus berkembang guna mewujudkan jaringan transportasi yang handal dan efisien serta mengembangkan jaringan transportasi yang ekonomis dan berkeadilan.

Semakin banyak perbaikan jalan menyebabkan semakin berkurangnya sumber daya alam seperti bahan galian sebagai sumber material pembangunan. Hal ini dapat dicegah dengan menerapkan rencana pembangunan infrastruktur yang ramah lingkungan (Kasan, 2009). Pemeliharaan jalan bisa dilakukan dengan berbagai cara, antara lain dengan membongkar jalan lama serta menggantinya dengan lapisan jalan baru.

Pembongkaran lapisan aspal tersebut menjadi limbah tak berguna yang disebut dengan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). RAP merupakan salah satu material yang bermanfaat untuk material baru karena mengurangi penggunaan agregat baru dan jumlah aspal baru yang diperlukan untuk membuat aspal *hot mix* (Wiyono, 2015).

Aspal panas adalah campuran beraspal gradasi padat sering dikenal dengan hot mix. Kinerja campuran aspal panas sangat tergantung pada volume dan karakteristik Marshall (Pompana et al., 2018). Job Mix Formula (JMF) itu dapat memenuhi spesifikasi campuran yang dipilih untuk campuran Asphaltic Concrete-Wearing Course (AC-WC).

AC-WC merupakan lapisan konstruksi perkerasan jalan yang fleksibel (Wahyudiono et al., 2020). Pada temperatur tertentu perkerasan jenis ini merupakan campuran homogen antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat. AC-WC adalah lapis aus pada struktur perkerasan jalan dengan ketebalan minimum 4 cm (Akbar, 2012).

Penelitian ini akan melakukan penentuan JMF lapisan AC-WC dengan memanfaatkan aspal daur ulang. Penelitian ini menggunakan bahan RAP untuk mengurangi penggunaan sumber daya alam yang berlebihan dan mendaur ulang sampah yang tidak berguna. Material RAP dapat dimanfaatkan untuk konstruksi perkerasan jalan dengan teknologi daur ulang atau recycling. Pemanfaatan sampah di sektor pembangunan saat ini mengalami kemajuan. Penentuan JMF menggunakan metode *Marshall Test*.

### Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan diungkapkan sebagai berikut:

1. Mengukur nilai Kadar Aspal Optimum pada campuran perkerasan baru dengan material *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) lapis aus (AC-WC).
2. Menguji kekuatan campuran perkerasan baru dengan material *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) terhadap karakteristik *Marshall*.
3. Meneliti kelayakan perkerasan baru menggunakan material *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP).

### Manfaat Penelitian

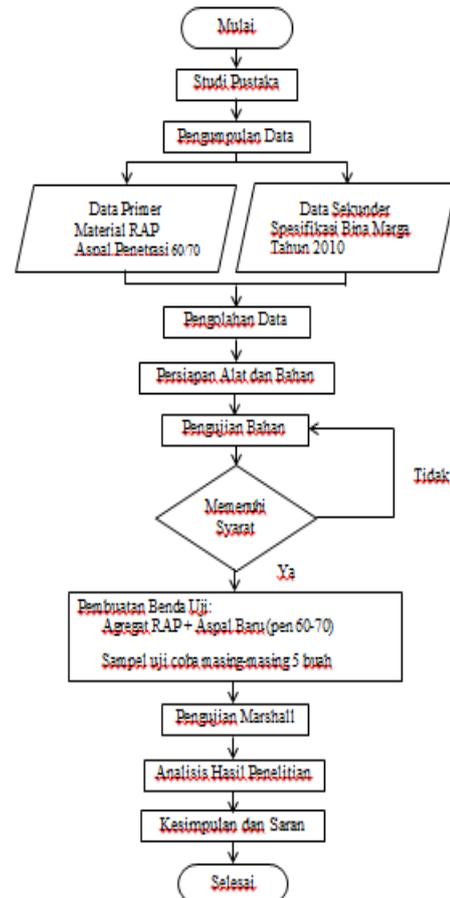
Manfaat dari hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi semua pihak yang terlibat, adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh pengetahuan tentang penentuan *Job Mix Formula* dan komponen-komponen pengujian *Marshall Test* pada lapis *Asphaltic Concrete-Wearing Course* (AC-WC).
2. Mengetahui Kadar Aspal Optimum pada pembuatan *Job Mix Formula* dengan memanfaatkan material *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP).
3. Mengetahui cara pemanfaatan limbah konstruksi perkerasan jalan dengan menghemat biaya serta mengurangi ketergantungan terhadap impor material konstruksi.
4. Sebagai pedoman dan referensi bagi peneliti lain, lakukan penelitian terkait saat melakukan penelitian selanjutnya.

## METODE PENELITIAN

### Bagan Alir

Berikut bagan alir penelitian ini terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium DPUPR Kabupaten Magelang dan Laboratorium Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar.

### Alat dan Bahan Penelitian

Alat penelitian terdiri atas:

1. RAP
2. Agregat
3. Aspal
4. Alat laboratorium uji aspal
5. Alat laboratorium uji agregat
6. Alat laboratorium uji *Marshall*

### Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dengan metode eksperimen pada penelitian ini dibagi menjadi 2 yaitu pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung, meliputi material RAP dan aspal pen 60/70. Data sekunder adalah Spesifikasi Bina Marga tahun 2010.

## Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri atas:

### 1. Tahap persiapan

Proses ini adalah mempersiapkan studi literatur dari hasil membaca jurnal tentang pemanfaatan material RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sebagai agregat dan penambahan aspal pada campuran perkerasan lapis aus (AC-WC) dan membaca metode yang akan digunakan sesuai Spesifikasi Bina Marga 2010.

### 2. Pemeriksaan Bahan Agregat

Pemeriksaan ini bertujuan memeriksa gradasi agregat kasar serta agregat halus menggunakan saringan.

### 3. Pemeriksaan Bahan Aspal

Pemeriksaan aspal akan digunakan pada campuran perkerasan akan dilakukan uji titik lembek, berat jenis, dan daktilitas pada aspal.

### 4. Job Mix Formula (JMF)

Campuran perkerasan menggunakan komposisi agregat kasar, agregat halus, dan filler. Perencanaan campuran perkerasan menggunakan aspal pada kadar 2 grade di bawah kadar aspal ditaksir serta 2 grade di atas kadar aspal ditaksir untuk mengetahui kadar aspal optimum pada campuran perkerasan jalan baru.

### 5. Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini akan membutuhkan 25 benda uji dalam kadar aspal yang berbeda. Sebelum pembuatan benda uji akan dilakukan pemeriksaan material sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Agar dapat menentukan karakteristik campuran perkerasan jalan baru akan dilakukan pengujian *Marshall*.

### 6. Pengujian *Marshall*

Pengujian ini akan melalui proses analisis kerapatan dan rongga campuran yang terdiri dari: berat jenis maksimum, absorbs, VMA, VIM, dan VFA. Hasil dari pengujian tersebut untuk menentukan nilai stabilitas, flow, MQ, dan kekuatan campuran aspal terhadap pengaruh air dan suhu.

### 7. Analisis Sifat Fisik Campuran

Analisis Sifat Fisik Campuran Perkerasan Baru dengan Material *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* lapis aus (AC-WC)

Analisis ini menggunakan data yang diperoleh dari pengujian dengan metode *Marshall*. Data hasil dari pengujian *Marshall* akan diolah dengan menggunakan metode regresi. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah VIM, VMA, VFA, stabilitas dan flow, MQ, dan indeks stabilitas sisa *Marshall*. Variabel terikat dalam pemeriksaan ini ialah variasi kadar aspal yang digunakan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari tahap penelitian yang dilakukan maka dihasilkan beberapa poin sebagai berikut ini.

Penyajian hasil pemeriksaan uji pada setiap material sampai memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

### 1. Pengujian Aspal

Pengujian aspal meliputi uji penetrasi, uji titik lembek, uji daktilitas aspal dan uji berat jenis.

a. Hasil pengujian penetrasi aspal didapat angka rata-rata dari hasil pengamatan dengan nilai 67,2 mm.

b. Hasil pengujian titik lembek aspal di atas didapat angka rata-rata dari 2 benda uji penelitian dengan nilai 48,5°C.

c. Hasil pengujian daktilitas aspal di atas didapat angka rata-rata dari 2 pengamatan pengujian dengan nilai 146 cm.

d. Hasil pengujian berat jenis aspal di atas didapat angka rata-rata dari 3 pengujian berat jenis dengan nilai 1,048 gr/mm.

### 2. Pengujian Agregat

Pengujian agregat meliputi uji saringan, uji berat jenis dan penyerapan.

#### a. Uji gradasi agregat gabungan

Hasil persentase agregat gabungan ini menggunakan metode coba-coba dengan menggunakan program excel. Agregat gabungan ini untuk mengetahui persentase masing-masing agregat yang akan digunakan untuk campuran dan menghasilkan agregat gabungan sesuai spesifikasi Bina Marga tahun 2010. Hasil dari metode coba-coba pada excel didapat komposisi agregat gabungan dengan penggunaan agregat RAP 70% dan agregat halus pasir Muntilan 30%. Hasil uji gradasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Gradasi Agregat Gabungan

Ukuran Saringan No.	mm	Gradasi Agregat		Gabungan Gradasi Agregat	Spesifikasi Agregat AC-WC
		RAP	Pasir		
a	b	c	d	$e = (c/100)^*x + (d/100)^*y$	
1"	25	100	100	100	100
3/4"	19	100	100	100	100
1/2"	12,5	91,1861	100	93,8303	90-100
3/8"	9,5	78,118	100	84,6826	77-90
4	4,75	58,9415	83,839	66,4108	53-69
8	2,38	36,9512	73,002	47,7665	33-53
16	1,19	17,553	60,032	30,2968	21-40
30	0,59	6,8256	43,58	17,8519	14-30
50	0,279	3,0795	34,8661	12,6155	9-22
100	0,149	1,334	22,9539	7,82	6-15
200	0,074	0,433	15,1772	4,8563	4-9

Sumber: Hasil Perhitungan

#### b. Uji berat jenis dan penyerapan

Pengujian berat jenis serta penyerapan agregat meliputi berat jenis curah (bulk), berat jenis semu (apparent), berat jenis efektif (effective), dan berat jenis jenuh (SSD). Hasil uji berat jenis dan penyerapan agregat dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2 Hasil Uji Berat Jenis dan Penyerapan RAP

No.	Pengujian	Spesifikasi	Nilai
1.	Berat Jenis	Min. 2,5	2,628
	a. Kering Oven ( <i>Bulk</i> )		
	b. Permukaan Jenuh ( <i>SSD</i> )		
	c. Semu ( <i>Apparent</i> )		
2.	Penyerapan ( <i>Absorpsi</i> )	Maks. 3%	1,81%

Sumber: Hasil Pengamatan

Tabel 3. Hasil Uji Berat Jenis dan Penyerapan Pasir

No.	Pengujian	Spesifikasi	Nilai
1.	Berat Jenis	Min. 2,5	2,528
	a. Kering Oven ( <i>Bulk</i> )		
	b. Permukaan Jenuh ( <i>SSD</i> )		
	c. Semu ( <i>Apparent</i> )		
2.	Penyerapan ( <i>Absorpsi</i> )	Maks. 3%	2,24%

Sumber: Hasil Pengamatan

### 3. Rancangan Campuran Benda Uji

Dibuat rancangan benda uji selesai didapat komposisi agregat serta variasi kadar aspal perkiraan. Menentukan kadar perkiraan didapat dari gradasi agregat gabungan, dengan menggunakan rumus Depkimpraswil 2002 sebagai *Job Mix Design*

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% \text{ Filler}) + \text{Konstanta}$$

$$CA = 100 - 47,7665 = 52,2335 \%$$

$$FA = 47,7665 - 4,8563 = 42,9102 \%$$

$$FF = 4,8563 \%$$

$$P_b = 0,035 (52,2335) + 0,045 (42,9102) + 0,18 (4,8563) + 0,8 = 5,6343 \%$$

$$\text{Konstanta} = 0,5 - 1,0$$

$$\text{Perkiraan kadar aspal} = 6 \%$$

Rancangan komposisi benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Benda Uji

Material		Kadar Aspal				
		5%	5,5%	6%	6,5%	7%
		Berat (gram)				
Aspal		60	66	72	78	84
RAP	70%	798	793,8	789,6	785,4	781,2
Pasir	30%	342	340,2	338,4	336,6	334,8
Berat Benda Uji		1200	1200	1200	1200	1200

Sumber: Hasil Perhitungan

### 4. Karakteristik Campuran Aspal AC-WC

Selesai pembuatan benda uji, akan dilaksanakan pengujian *Marshall test* untuk mengetahui karakteristik pada campuran benda uji. Hasil pengujian *Marshall* meliputi stabilitas dan flow, untuk nilai VIM, VMA, dan MQ didapat dari hasil perhitungan. Karakteristik campuran aspal AC-WC dapat dilihat pada Tabel 5.

Table 5. Karakteristik Campuran Aspal AC-WC

Karakteristik Campuran	Kadar Aspal					Spesifikasi Campuran
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%	
Kepadatan ( $\text{ton/m}^3$ )	2,475	2,457	2,440	2,423	2,406	Min. 2
Stabilitas (kg)	724,581	803,645	884,876	878,378	792,815	Min. 800
Flow (mm)	1,838	2,119	2,645	3,155	3,811	2,0 - 4,0
Marshall Quotient ( $\text{kg/mm}$ )	394,666	379,221	334,713	278,440	208,019	Min. 250
VIM (%)	15,985	15,827	15,594	15,999	16,212	Min. 15
VMA (%)	7,195	5,859	4,420	3,694	2,745	3,0 - 5,0
VFA (%)	54,996	62,996	71,657	76,916	83,078	Min. 65

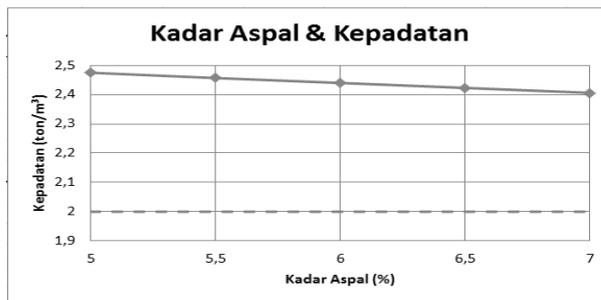
Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil dari pengujian marshall test pada kadar aspal 5% dapat dilihat pada Tabel 5 hanya nilai kepadatan, *marshall quotient* dan nilai VMA yang memenuhi spesifikasi campuran AC-WC. Pada kadar aspal 5,5% nilai VIM dan VFA tidak memenuhi spesifikasi campuran AC-WC serta hasil marshall test dapat dilihat pada Tabel 5. Kadar aspal 6% dan 6,5% semua nilai karakteristik marshall memenuhi spesifikasi AC-WC dengan hasil marshall test dapat dilihat pada Tabel 5. Dapat dilihat juga pada Tabel 5 hasil marshall test kadar aspal 7% dengan nilai *marshall quotient*, stabilitas dan VIM tidak memenuhi spesifikasi campuran AC-WC.

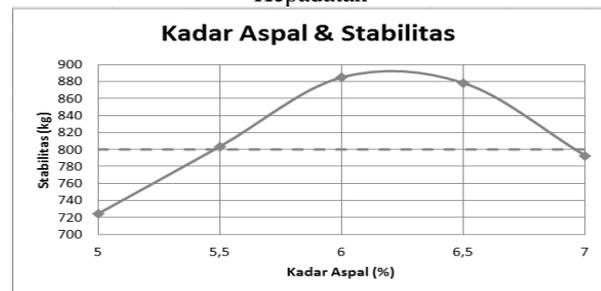
Dilihat dari hasil marshall test diatas, tidak semua kadar aspal memenuhi spesifikasi. Hanya kadar aspal 6% dan 6,5% yang nilai kepadatan, stabilitas, flow, marshall quotient, VIM, VMA, VFA memenuhi spesifikasi campuran AC-WC.

### 5. Hubungan Kadar Aspal dengan Karakteristik Marshall

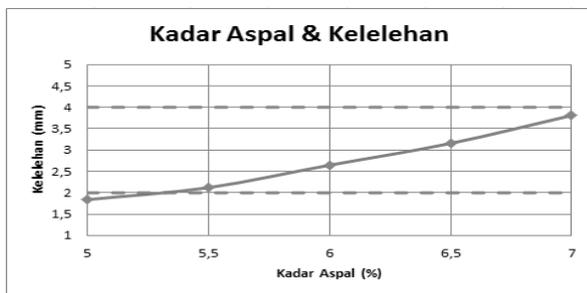
Hubungan kadar aspal serta karakteristik marshall akan dibuat grafik kadar aspal terhadap stabilitas, flow, marshall quotient, VIM, VMA, dan VFA. Dapat dilihat pada Gambar 2-9



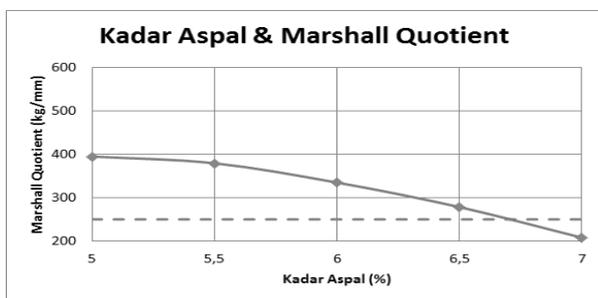
Gambar 2. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Kepadatan



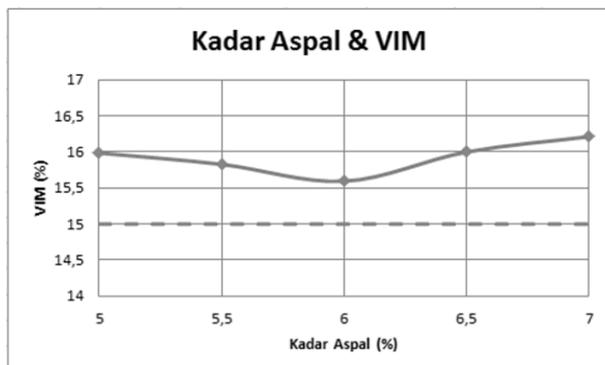
Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas



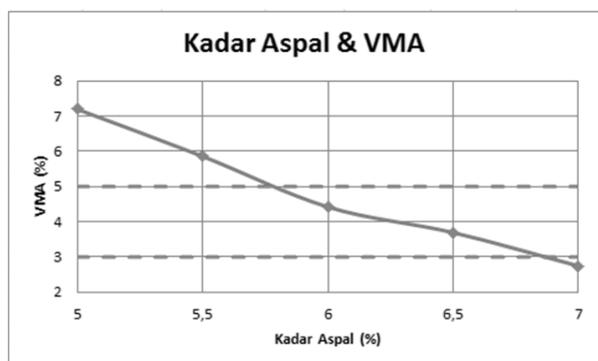
Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Kelelahan



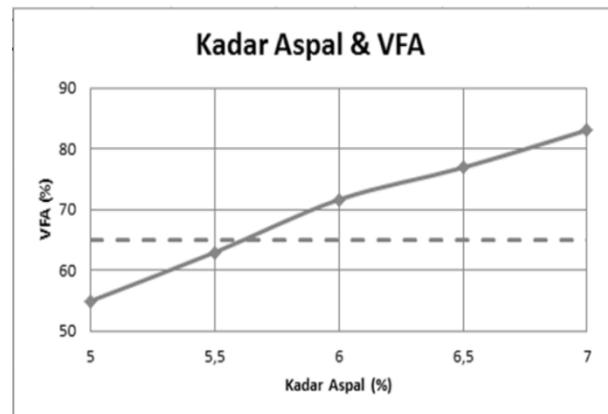
Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Marshall Quotient



Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VIM



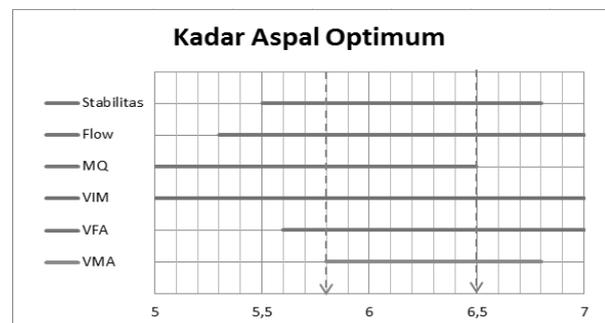
Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VMA



Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFA

### Pembahasan Penelitian

Kadar aspal optimum merupakan kadar aspal yang diperoleh pada hasil uji *marshall*, ditentukan dengan melihat hasil tiap karakteristik *marshall* dari rentan kadar aspal minimal sampai kadar aspal maksimum. Hubungan kadar aspal dengan karakteristik *marshall* dapat dilihat sesuai spesifikasi campuran lapis AC-WC. Grafik penentuan kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kadar Aspal Optimum

Dilihat pada Gambar 9 diatas, dapat ditentukan kadar aspal optimum JMF dengan memanfaatkan material RAP. Kadar aspal optimum diambil dari kadar aspal dengan semua nilai karakteristik *marshall* memenuhi spesifikasi campuran AC-WC. Kadar aspal yang memenuhi spesifikasi yaitu kadar aspal 5,8 % - 6,5 %.  $KAO = (5,8 + 6,5)/2 = 6,15$  dibulatkan menjadi 6%. Jadi kadar aspal optimum untuk perkerasan baru dengan material *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* pada lapis aus (AC-WC) menggunakan kadar aspal 6 %.

Komposisi job mix formula sangat mempengaruhi dengan karakteristik *marshall*. Berikut ini penjelasan hubungan kadar aspal dengan karakteristik *marshall* pada job mix formula dengan material *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* pada lapis AC-WC.

1. Kepadatan

Kepadatan merupakan berat jenis campuran benda uji. Nilai kepadatan itu sendiri dipengaruhi oleh persentase variasi kadar aspal, berat jenis aspal, dan berat jenis total agregat. Untuk penelitian ini didapat nilai kepadatan yang berbeda-beda tergantung variasi kadar aspal itu sendiri. Didapat nilai kepadatan rata-rata kadar aspal 5% = 2,475 ton/m<sup>3</sup>; 5,5% = 2,457 ton/m<sup>3</sup>; 6% = 2,44 ton/m<sup>3</sup>; 6,5% = 2,423 ton/m<sup>3</sup>; dan 7% = 2,406 ton/m<sup>3</sup>.

Semakin meningkat kadar aspal di campuran maka pasti menurun nilai densitasnya. Sebab ketika campuran dipadatkan, aspal mengisi rongga diantara partikel, sehingga saat banyak rongga pasti rendah densitasnya hingga batas maksimum. Kepadatan akan meningkat setelah melewati batas maksimum dikarenakan aspal semakin banyak menyelimuti agregat.

## 2. Stabilitas Marshall

Nilai stabilitas marshall untuk mengukur kekuatan perkerasan pada suatu campuran benda uji. Nilai tersebut dipengaruhi oleh angka kalibrasi pada alat marshall = 5,4154, kalibrasi pada setiap alat marshall itu berbeda-beda. Pada penelitian ini didapat nilai stabilitas yang berbeda-beda setiap variasi kadar dan sampel. Didapat nilai stabilitas rata-rata kadar aspal 5% = 724,581 kg; 5,5% = 803,645 kg; 6% = 884,876 kg; 6,5% = 878,378 kg; dan 7% = 792,815 kg. Kadar aspal yang nilai stabilitas memenuhi spesifikasi campuran AC-WC adalah 5% - 6,5%.

Semakin meningkat kadar aspal dalam campuran, pasti tinggi nilai stabilitas sampai batas tertentu. Terlalu tebalnya film aspal dicampuran akan mengakibatkan nilai stabilitas turun lagi sampai batas tertentu.

## 3. Kelelahan (flow)

Kelelahan ialah beban yang terjadi dari awal sampai kondisi penurunan stabilitas, untuk mengukur deformasi yang terjadi dalam campuran benda uji. Pada penelitian didapat nilai kelelahan yang berbeda-beda setiap variasi kadar aspal. Didapat nilai kelelahan rata-rata kadar aspal 5% = 1,838 mm; 5,5% = 2,119 mm; 6% = 2,645 mm; 6,5% = 3,155 mm; dan 7% = 3,811 mm. Kadar aspal yang nilai kelelahan memenuhi spesifikasi AC-WC adalah 5,5% - 7%.

Semakin meningkat kadar aspal dalam campuran maka nilai flow pasti tinggi, itu mengindikasikan campuran bersifat plastis dampak beban yang tinggi.

## 4. Marshall Quotient

Marshall quotient ialah perkiraan untuk memberikan kekakuan suatu campuran benda uji pada penerimaan beban. Nilai MQ berpengaruh pada nilai stabilitas dan flow, pada penelitian ini didapat nilai yang berbeda-beda setiap variasi kadar aspal. Didapat nilai MQ rata-rata kadar aspal 5% = 394,666 kg/mm; 5,5% = 379,221 kg/mm; 6% = 334,713 kg/mm; 6,5% = 278,440 kg/mm; dan 7% = 208,019 kg/mm. Kadar aspal yang nilai MQ memenuhi spesifikasi AC-WC adalah 5% - 6,5%.

Semakin meningkatnya kadar aspal di campuran maka nilai MQ semakin menurun, dikarenakan campuran

semakin plastis dan lentur mengakibatkan mudah untuk berubah bentuk setelah menerima beban.

## 5. VIM

VIM yaitu rongga-rongga di suatu campuran. Nilai VIM dipengaruhi oleh berat isi benda uji dan nilai kepadatan setiap kadar. Pada penelitian ini nilai VIM dari setiap variasi kadar aspal berbeda-beda. Didapat nilai VIM rata-rata kadar aspal 5% = 15,985%; 5,5% = 15,827%; 6% = 15,594%; 6,5% = 15,999%; dan 7% = 16,212%. Kadar aspal yang nilai VIM memenuhi spesifikasi AC-WC adalah semua variasi kadar aspal.

Semakin meningkatnya kadar aspal di campuran maka nilai VIM semakin menurun, dikarenakan rongga yang terdapat pada campuran semakin sedikit. Semakin banyak aspal yang mengisi rongga campuran, rongga yang terdapat pada campuran akan semakin berkurang dan campuran akan semakin tahan lama.

## 6. VMA

VMA adalah rongga yang terdapat pada agregat. Nilai VMA dipengaruhi oleh persentase kadar aspal dan berat isi benda uji, pada penelitian ini nilai VMA berbeda-beda pada setiap variasi kadar aspal. Didapat nilai VMA rata-rata kadar aspal 5% = 7,195%; 5,5% = 5,859%; 6% = 4,42%; 6,5% = 3,694%; dan 7% = 2,745%. Kadar aspal yang nilai VMA memenuhi spesifikasi AC-WC adalah 6% - 7%.

Semakin meningkatnya kadar aspal di campuran maka nilai VMA pasti turun, karena penggunaan aspal yang meningkat mengakibatkan tidak cukup ruang untuk mengisi rongga.

## 7. VFA

VFA yaitu rongga yang terisi aspal pada suatu campuran benda uji. Nilai VFA dipengaruhi oleh nilai VMA, pada penelitian ini nilai VFA berbeda-beda pada setiap variasi kadar aspal. Didapat nilai VFA rata-rata kadar aspal 5% = 54,996%; 5,5% = 62,996%; 6% = 71,657%; 6,5% = 76,916%; dan 7% = 83,078%. Kadar aspal yang nilai VFA memenuhi spesifikasi AC-WC adalah 6% - 6,5%.

Semakin tinggi kadar aspal pada campuran maka nilai VFA semakin tinggi, karena aspal telah mengisi rongga udara di campuran. Sehingga nilai VIM akan berkurang karena sudah tidak ada rongga pada campuran benda uji, faktor ini membuat suatu campuran akan bertahan lama.

## 8. Indeks Stabilitas Sisa Marshall (ISS)

Nilai indeks stabilitas sisa marshall diperoleh dari hasil uji marshall ke 2 dengan perendaman benda uji selama 24 jam pada suhu 60°C. Salah satu kegagalan perkerasan lentur terdapat pada kehilangan daya ikat akibat peluruhan film aspal pada campuran.

Adanya pengujian marshall ke 2 untuk mengukur ketahanan daya ikat dengan pengaruh air dan suhu pada campuran perkerasan. Nilai ISS didapat dari perbandingan nilai stabilitas marshall dengan perendaman benda uji selama 30 menit dan 24 jam di

suhu 60°C. Pada pengujian marshall ke 2 ini menggunakan 5 benda uji dengan kadar aspal optimum.

Hasil dari rata-rata nilai stabilitas marshall perendaman benda uji selama 30 menit adalah 884,876 kg dan rata-rata nilai stabilitas marshall perendaman selama 24 jam adalah 872,962 kg. Nilai indeks stabilitas sisa dihitung dengan rumus:

$$ISS = (MSI/MSS) \times 100\% = (872,962/884,876) \times 100\% = 98,654 \%$$

Nilai indeks stabilitas sisa didapat 98.654 % dan telah memenuhi spesifikasi campuran AC-WC dengan nilai minimum 90 %.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilaksanakan di Laboratorium DPUPR Kabupaten Magelang. Analisis data yang telah diperhitungkan terhadap penentuan job mix formula lapis AC-WC dengan memanfaatkan aspal daur ulang, diambil kesimpulan seperti berikut:

1. Hasil penelitian *job mix formula* memanfaatkan material *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) lapis AC-WC dari uji awal dapat dilihat nilai karakteristik *marshall* yang sesuai dengan spesifikasi campuran AC-WC diperoleh kadar aspal optimum pada kadar aspal 6 %.
2. Berdasarkan hasil penelitian *job mix formula* memanfaatkan material *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) lapis AC-WC dari uji awal setiap variasi kadar aspal memiliki kekuatan campuran perkerasan yang nilai karakteristik *marshall*nya memenuhi spesifikasi campuran AC-WC terdapat pada kadar aspal 5,8 % - 6,75 %.
3. Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data pada *job mix formula* memanfaatkan material *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) lapis AC-WC uji awal sampai akhir campuran perkerasan membuktikan bahwa aspal daur ulang layak digunakan kembali untuk perkerasan jalan baru. Hal ini mampu mengurangi penggunaan material yang berlebihan, serta mampu mengurugi biaya terhadap pembuatan perkerasan jalan baru

### Saran

Berdasarkan kesimpulan hasil penelitian yang telah dilaksanakan ini, maka untuk saran dapat diambil sebagai berikut:

1. Penelitian sejenis dapat dilakukan untuk perbandingan dengan penambahan bahan pengisi lainnya.
2. Perlu dilakukan penelitian sejenis juga dengan lapis perkerasan dan kadar aspal yang lebih bervariasi.

Perkerasan jalan menggunakan material *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) layak untuk dijadikan perkerasan jalan baru. Kadar aspal yang layak digunakan untuk perkerasan baru dengan menggunakan material *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) kisaran 5,8% sampai 6,5%. Karena pada kadar aspal tersebut, semua hasil uji marshall terhadap karakteristik marshall sesuai dengan spesifikasi campuran AC-WC. Kelayakan ini dapat ditinjau dari spesifikasi campuran AC-WC dengan nilai minimum kepdatan 2 ton/m<sup>3</sup>, stabilitas 800 kg, flow 2-4 mm, MQ 250 kg/mm, VIM 14%, VMA 3-5%, dan VFA 65%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. J., Teknik, J., & Universitas, S. (2012). *Stabilitas Lapis Aspal Beton Ac-Wc*. 2(4), 310–320.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2010). *Spesifikasi Umum Revisi 3 Divisi 6*.
- Hamzah, Rizky, A., & Kaseke, Oscar, H. (2016). Pengaruh Variasi Kandungan Bahan Pengisi Terhadap Kriteria Marshall Pada Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Tipis Aspal Beton – Lapis Aus Gradasi Senjang. *Jurnal Sipil Statik*, 4(7), 447–452.
- Hary Christady. (2019). *Perancangan Perkerasan Jalan & Penyelidikan Tanah*.
- Kasan, M. (2009). Karakteristik Stabilitas dan Stabilitas Sisa Campuran Beton Aspal Daur Ulang. *Mektek*, 11(2), 134–146.
- Pompana, T., Elisabeth, L., & Kaseke, O. H. (2018). Identifikasi Ketidaktepatan komposisi campuran Aspal Panas Antara Rancangan Di Laboratorium ( Design Mix Formula ) Dengan Pencampuran Di Asphalt Mixing Plant ( Job Mix Formula ). *Jurnal Sipil Statik*, 6(10), 771.
- Setiobud, A. (2019). Analisis Pembuatan Job Mix Formula Asphalt Concrete Binder Course (Ac Bc) Di Pembangunan Jalan Tol Palembang – Simpang Indralaya (Palindra). *Jurnal Deformasi*, 3(2), 130. <https://doi.org/10.31851/deformasi.v3i2.2322>
- Sukanto H M. (2020). Penggunaan Pasir Sungai Progo Sebagai Pengganti Agregat Halus Dalam Beton Aspal Campuran Ac-Wc. *Isbn: 978-623-6572-15-3*, 3, 246–258.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*.
- Wahyudiono, H., Winarno, B., Budi, K. C., Sipil, T., Teknik, F., & Kadiri, U. (2020). Modifikasi Laston Ac-Wc Menggunakan Limbah Bongkaran. *Jurnal Teknika*, 12(1), 33–40.
- Wiyono, E. (2015). *Untuk Daur Ulang Campuran Beton Aspal*. 14(1).