

PENGARUH PENAMBAHAN ASPAL TERHADAP STABILITAS  
MARSHALL PADA MATERIAL RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT  
(RAP) DI RUAS JALAN JENDERAL SUDIRMAN – RIJALI  
KOTA AMBON

Yumin Masri<sup>1)</sup>, Vera Th. C. Siahaya<sup>2)</sup>, Penina T Istia<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ambon

<sup>1)</sup>yumin.masri.2000@gmail.com, <sup>2)</sup>verasiahaya6@gmail.com, <sup>3)</sup>penina.istia@gmail.com

ABSTRACT

The Handling of road damage by dismantling the old road surface layer by using a Cold Milling Machine (CMM) tool to improve the value of the road surface area. This method uses the recycling method of the Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) material from the demolition using a Cold Milling Machine (CMM). The objective of this study was to evaluate the properties of asphalt concrete in hot mixes by reusing Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) material as an extraction by adding new material in the form of aggregate and Asphalt Pen 60/70 so that it can produce a mixture with good performance. Experimental method, where research activities are carried out in the laboratory and the type of test is the Marshall test to obtain stability and flow values. The test method for obtaining stability and flow values is by reading the watch values on the Marshall tool. The tests to be carried out refer to the 2018 Highways Specifications. The study results shows that the characteristic value of the AC-WC recycled asphalt mixture with the use of 20% Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) and the addition of 60/70 Pen asphalt. Based on the results of the analysis of the use of 20% RAP material with the formulation of crushed stone 10/20 = 19.10%, crushed stone 5/10 = 32%, sand = 20%, stone ash 8.9% and five variations of asphalt content Pen 60/70 obtained the value of Optimum Asphalt Content (KAO) = 6%. Mixed characteristics with the use of RAP 20% with the average value obtained, namely the VIM value = 4.28%, VMA value = 15.89%, VFB value = 72.91%, Marshall stability value = 1,067.43 kg, value flow = 3.56 mm, Marshall Quotient value = 301.91 kg/mm and meets the 2018 Bina Marga specification limits for AC-WC lastton mixture.

ABSTRAK

Penanganan kerusakan jalan dengan cara pembongkaran lapis permukaan jalan lama dengan alat *Cold Milling Machine (CMM)* untuk memperbaiki nilai daerah permukaan jalan. Penelitian ini menggunakan cara daur ulang dari material *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* hasil bongkaran dengan alat *Cold Milling Machine (CMM)*. Tujuan penelitian mengevaluasi karakteristik aspal beton pada campuran panas dengan menggunakan kembali material *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* hasil dari ekstraksi dan menambahkan material yang baru berupa agregat dan Aspal Pen 60/70 sehingga dapat menghasilkan campuran dengan kinerja yang baik. Metode eksperimen, dimana kegiatan penelitian dilakukan di laboratorium dan jenis pengujian yaitu pengujian Marshall untuk mendapatkan nilai stabilitas dan flow. Cara pengujian untuk mendapatkan nilai stabilitas dan flow yaitu dengan membaca nilai arloji pada alat Marshall. Pengujian yang akan dilakukan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018. Hasil dari penelitian diperoleh nilai karakteristik campuran beraspal daur ulang AC-WC dengan penggunaan material *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* 20% dan penambahan aspal Pen 60/70. Berdasarkan hasil analisis terhadap penggunaan material RAP 20% dengan formulasi batu pecah 10/20 = 19,10%, batu pecah 5/10 = 32%, pasir = 20%, abu batu 8,9% dan lima variasi kadar aspal Pen 60/70 diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) = 6%. Karakteristik campuran dengan penggunaan RAP 20% dengan nilai rata-rata yang di peroleh yaitu nilai VIM = 4,28%, nilai VMA = 15,89%, nilai VFB = 72,91%, nilai stabilitas marshall = 1.067,43 kg, nilai *flow* = 3.56 mm, nilai *marshall Quotient* = 301,91 kg/mm dan memenuhi batas spesifikasi Bina Marga 2018 untuk campuran laston AC-WC.

**Kata kunci:** RAP; AC-WC; KAO

1. PENDAHULUAN

Kegiatan proyek preservasi jalan pulau Ambon tahun anggaran 2021 mengalokasikan pekerjaan bongkaran lapis permukaan untuk perbaikan nilai daerah permukaan jalan. Pekerjaan pembongkaran dengan menggunakan alat Cold Milling Machine (CMM) pada Ruas Jalan Jenderal Sudirman – Rijali Kota Ambon. Jalan tersebut mengalami kerusakan

pada beberapa daerah permukaan sepanjang jalan, kerusakan tersebut antara lain retak-retak, bleeding dan deformasi. Dalam hal ini untuk memperbaiki lapisan yang rusak dilakukanlah pembongkaran lapisan permukaan jalan dengan alat *Cold Milling Machine (CMM)*, hasil pembongkaran ini biasanya menghasilkan limbah dan disebut sebagai *Reclaimed*

*Asphalt Pavement* (RAP) yang tidak dimanfaatkan secara maksimal.

Penggunaan agregat bekas bongkaran jalan pada konstruksi perkerasan memungkinkan untuk dilakukan metode daur ulang. Agregat tersebut dicampur dengan aspal dan agregat berkualitas baik sehingga menghasilkan campuran dengan kinerja yang baik. Dari sumber limbah agregat dan deposit material alam yang setiap tahunnya semakin menipis, maka diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan limbah bongkaran aspal (*Reclaimed Asphalt Pavement*) untuk di daur ulang menjadi campuran aspal yang memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk pemanfaatan yang optimal dan sebagai bagian dari upaya menjaga keseimbangan lingkungan yang berkelanjutan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dilakukan suatu penelitian dengan tujuan untuk mengevaluasi karakteristik beton aspal dalam campuran panas dengan menggunakan kembali material agregat bekas hasil dari ekstraksi material penyusun lapisan permukaan jalan dengan penambahan bahan pengikat baru berupa aspal per 60/70 dan agregat.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

RAP merupakan sisa dari lapis perkerasan jalan yang sudah tidak terpakai, cara mendapatkannya dengan cara pengerukan lapis perkerasan lentur yang lama dengan menggunakan alat pengeruk aspal yang dinamakan *cold milling machine* (CMM).

### 2.2. Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)

AC-WC merupakan campuran laston bergradasi menerus yaitu gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus. Mempunyai lebih sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang, yang menyebabkan campuran AC-WC menjadi lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campurannya.

### 2.3 Bahan – Bahan Penyusun Perkerasan Jalan

Bahan penyusun lapis aspal beton tersusun dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal keras.

### 2.4 Karakteristik Campuran Beraspal

Karakteristik campuran aspal harus dimiliki oleh aspal beton campuran panas adalah fleksibilitas, kedap air, kekesatan/tahan geser, kemudahan dalam pelaksanaan dan ketahanan terhadap kelelahan.

### 2.5. Teknik Daur Ulang

Teknik daur ulang dilakukan agar sumber daya alam berupa agregat dan aspal dapat dihemat. Dari sistem daur ulang terdapat dua cara umum yang sering dilakukan yaitu *In Situ Recycling* dan *In Plant Recycling*.

### 2.6. Pengujian Ekstraksi Aspal

Tujuan dilakukan proses ekstraksi yaitu untuk mengetahui kadar aspal yang terdapat dalam campuran aspal yang dibuat (*mix design*) yang menggunakan alat centrifuge ekstraktor dengan bensin sebagai pelarutnya. Rumus untuk mencari ekstraksi aspal sebagai berikut :

$$H=(A-(E+D))A \times 100\%$$

### 2.7. Metode Pengujian Marshall Test

Pengujian marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). Secara garis besar langkah-langka pengujian Marshall meliputi :

- Persiapan benda uji
- Penentuan berat jenis bulk dari benda uji
- Pemeriksaan nilai stabilitas dan flow
- Perhitungan sifat volumetric benda uji

## 3. METODOLOGI



Sumber :Yumin, 2022

Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Gambar 1, menunjukkan alur penelitian yang terdiri dari penyiapan material RAP dan material baru, pengujian bahan: pengujian material RAP, pengujian *properties* material baru (agregat dan aspal), perencanaan campuran untuk pembuatan benda uji menggunakan material RAP 20%, variasi aspal per 60/70 5% sampai 7% dan pengujian Marshall. Pengolahan data menghitung nilai stabilitas dan karakteristik campuran pada variasi kadar aspal untuk menentukan nilai kadar aspal optimom (KAO).

3.1 Jenis Data

1. Data Primer

Data yang diperoleh atau dikumpulkan secara langsung melalui serangkaian percobaan atau pengujian yang dilakukan di laboratorium seperti pengujian gradasi agregat dan pengujian Marshall.

2. Data Sekunder

Data ini di peroleh dari PT. Bilian Raya yaitu data Job Mix Formula (JMF) untuk digunakan dalam perhitungan data Marshall.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

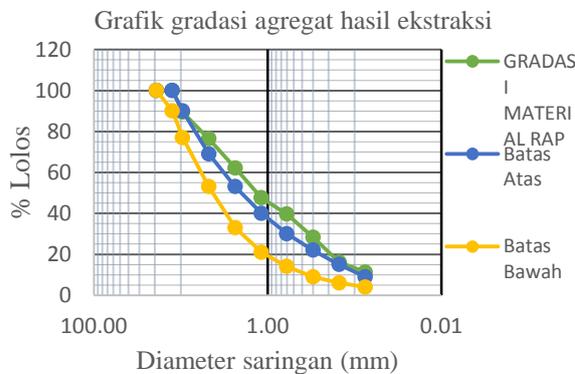
Pengumpulan data dengan menggunakan metode eksperimen pengamatan secara langsung terhadap beberapa benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Material RAP

Hasil pengujian ekstraksi material RAP pada penelitian ini dilakukan sebanyak 2 kali dan diperoleh kadar aspal rata-rata yang terkandung dalam campuran material RAP sebesar 4,10% .

Pada pengujian Analisa saringan agregat hasil ekstraksi material RAP diperoleh bahwa nilai gradasi agregat RAP tidak memenuhi batas atas dan batas bawah sesuai yang ditentukan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 untuk campuran beraspal tipe LASTON sehingga diperlukan agregat baru. Gradasi agregat hasil ekstraksi ini dapat dilihat pada gambar 2.



Sumber :Yumin, 2022

Gambar 2. Grafik Gradasi Hasil Ekstraksi

4.2. Pengujian Properties Material Baru

4.2.1. Pengujian Agregat

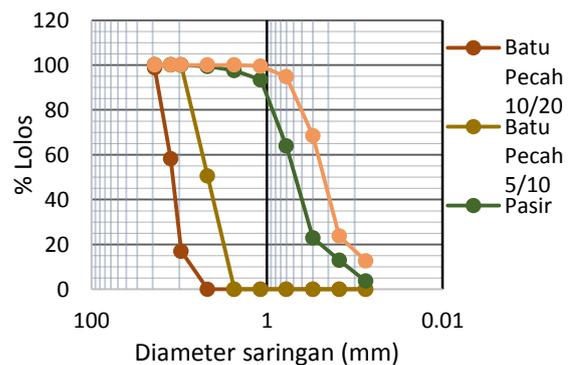
Agregat diperiksa sifat-sifat fisiknya untuk mengetahui kelayakan penggunaannya sebagai bahan campuran beton aspal (AC-WC).

| No.               | Pengujian                 | Standar              | Spesifikasi     | Hasil Pengujian |
|-------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| I                 | Berat Jenis Agregat Kasar | SNI 1969 – 2016      |                 |                 |
|                   | 1                         |                      | Ukuran 10/20 mm |                 |
|                   | a. Berat Jenis Bulk       |                      | Min. 2,5        | 2,54            |
|                   | b. Berat Jenis SSD        |                      | Min. 2,5        | 2,57            |
|                   | c. Berat Jenis Semu       |                      | Min. 2,5        | 2,62            |
|                   | d. Penyerapan             |                      | Max.3           | 1,18            |
|                   | 2                         |                      | Ukuran 5/10 mm  |                 |
|                   | a. Berat Jenis Bulk       |                      | Min. 2,5        | 2,57            |
|                   | b. Berat Jenis SSD        |                      | Min. 2,5        | 2,61            |
|                   | c. Berat Jenis Semu       |                      | Min. 2,5        | 2,67            |
| d. Penyerapan (%) | Max.3                     | 1,52                 |                 |                 |
| II                | Agregat RAP Halus         | SNI 1969 – 2016      |                 |                 |
|                   | 1                         |                      | Pasir           |                 |
|                   | a. Berat Jenis Bulk       | Min. 2,5             | 2,55            |                 |
|                   | b. Berat Jenis SSD        | Min. 2,5             | 2,59            |                 |
|                   | c. Berat Jenis Semu       | Min. 2,5             | 2,66            |                 |
|                   | d. Penyerapan             | Max.3                | 1,66            |                 |
|                   | 2                         | Abu Batu             |                 |                 |
|                   | a. Berat Jenis Bulk       | Min. 2,5             | 2,52            |                 |
|                   | b. Berat Jenis SSD        | Min. 2,5             | 2,56            |                 |
|                   | c. Berat Jenis Semu       | Min. 2,5             | 2,63            |                 |
|                   | d. Penyerapan             | Max.3                | 1,63            |                 |
| III               | Los angeles abrasion test | SNI 03 - 2417 - 2008 | Maks 40         | 18,46           |

Sumber :Yumin, 2022

Tabel 1, Hasil pengujian properties agregat yang telah dilakukan menunjukkan bahwa agregat yang digunakan telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga 2018.

Adapun hasil pengujian analisa saringan keempat jenis agregat dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber :Yumin, 2022

Gambar 3. Grafik Gradasi Agregat

Tabel 1. Hasil Pengujian Properties Agregat

4.2.2. Pengujian Aspal

Tabel 1. Hasil Pengujian *Properties* Aspal Pen 60/70

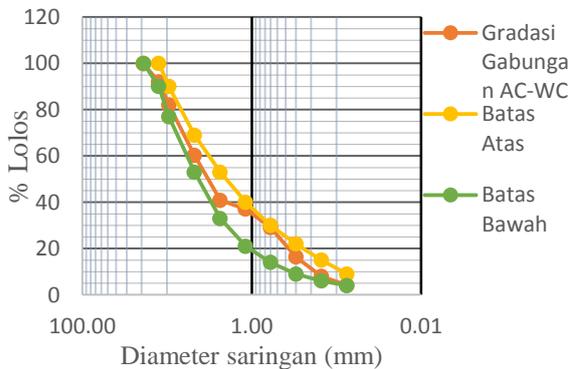
| No. | Pengujian             | Standar              | Spesifikasi | Hasil Pengujian |
|-----|-----------------------|----------------------|-------------|-----------------|
| 1   | Berat Jenis           | SNI 2441 : 2011      | ≥ 1,01      | 1,035           |
| 2   | Titik Lembek (°C)     | SNI 2434 : 2011      | ≥ 48        | 48,9 °C         |
| 3   | Penetrasi 25 °C (0,1) | SNI 2456 : 2011      | 60 – 70     | 64 °C           |
| 4   | Diktilitas 25 °C (cm) | SNI 2432 : 2011      | ≥ 100       | >140 cm         |
| 5   | Berat yang Hilang (%) | SNI 06 – 2400 – 1991 | ≤ 0,8       | 0,012 %         |

Sumber :DMF, 2021

Tabel 2, Hasil pengujian aspal dari data Desain Mix Formula (DMF) PT. Bilian Raya telah memenuhi nilai spesifikasi Bina Marga 2018.

4.3. Desain Campuran Beraspal AC-WC (*Mix Design*)

Hasil dari campuran proporsi agregat gradasi gabungan ini menggunakan metode hail trial and error didapat komposisi agregat gabungan dengan penggunaan agregat RAP 20%. Hasil gradasi campuran dapat dilihat pada gambar 4.



Sumber :Yumin, 2022

Gambar 4. Grafik Gradasi Gabungan Campuran AC-WC

Gambar 4, Menjelaskan bahwa gradasi agregat gabungan (garis persen lolos tiap saringan) terletak didalam garis batas atas dan batas bawah. Hasil ini juga menunjukkan bahwa hasil gradasi agregat gabungan memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 untuk lapis aspal beton (Laston AC-WC).

4.3 Komposisi campuran material untuk benda uji

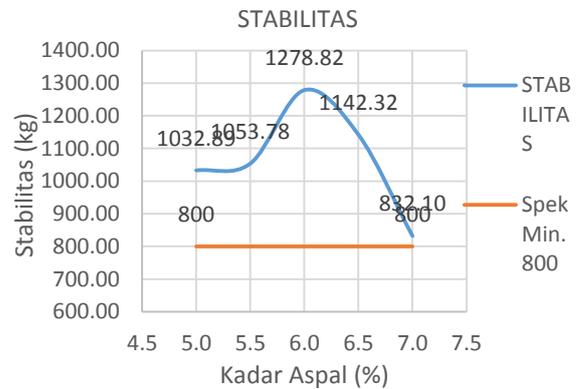
Jumlah persen akumulasi agregat pada setiap fraksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah CA sebesar 51,1%, FA sebesar 40% dan FF sebesar 8,9%. Dalam penelitian ini penggunaan kadar aspal rencana (Pb) sebesar 6%. Kombinasi penggunaan agregat RAP 20% pada penelitian ini jumlah kadar aspal terdiri dari 5 kadar aspal yaitu 5% - 7% dengan interval 0,5%.  
p-ISSN: 2302-9579/e-ISSN: 2581-2866

Benda uji setiap variasi persentase kadar aspal terdiri dari 15 benda uji dengan masing-masing kadar aspal memiliki 3 buah benda uji.

4.4. Analisa Parameter Hasil Pengujian Marshall

Analisis terhadap data Marshall didasarkan pada standar Bina Marga, dimana untuk campuran aspal beton AC – WC parameter Marshall yang dianjurkan untuk memenuhi dalam penentuan kadar aspal optimum adalah kepadatan, stabilitas, kelelahan (Flow), *Marshall Quotient* (MQ), VMA, VIM dan VFB.

4.4.1. Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas campuran AC-WC

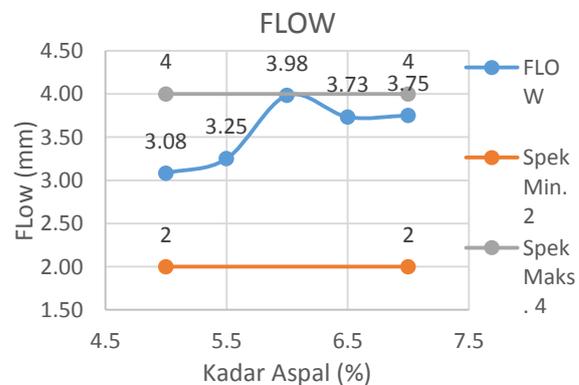


Sumber :Yumin, 2022

Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas

Gambar 5, Menunjukkan bahwa hasil pengujian stabilitas pada campuran AC-WC memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 dengan nilai minimal 800 kg. Nilai stabilitas Marshall tertinggi terdapat pada kadar aspal 6% dengan nilai rata-rata yaitu 1.278,82 kg.

4.4.2. Pengaruh kadar aspal terhadap kelelahan (flow) campuran AC-WC

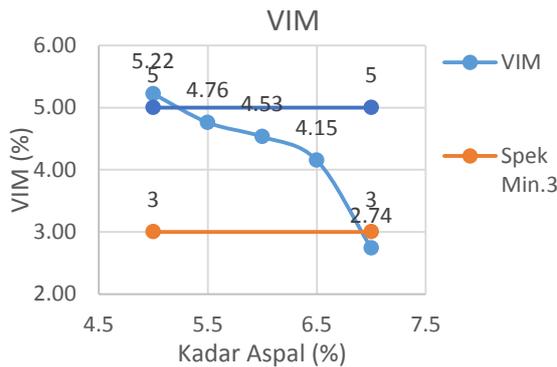


Sumber :Yumin, 2022

Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Flow

Gambar 6, Menunjukkan bahwa hasil pengujian flow dalam campuran material RAP memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 ( minimum 2 mm dana maksimum 4 mm). Terjadi peningkatan nilai flow dari kadar 5%, 5,5% dan 6% namun terjadi penurunan pada 6,5% tetapi kemudian terjadi peningkatan lagi pada 7%. Hasil pengujian flow diperoleh nilai tertinggi pada kadar aspal 6% dengan nilai rata – rata yaitu 3,98 mm.

**4.4.3. Pengaruh kadar aspal terhadap VIM (Void In Mix) campuran AC-WC**

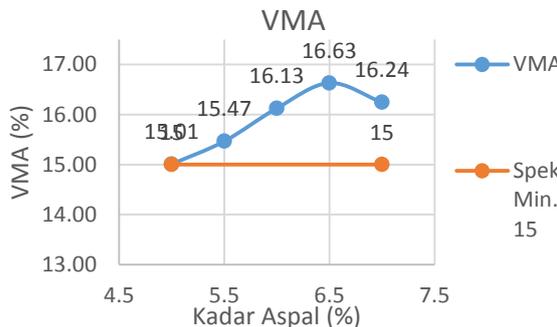


Sumber :Yumin, 2022

**Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VIM**

Gambar 7, Menunjukkan bahwa hasil pengujian rongga udarah dalam campuran material RAP, pada kadar aspal 5,5% sampai 6,5% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 (minimum 3% dan maksimum 5%) sedangkan kadar aspal 5% dan 7% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 (minimum 3% dan maksimum 5%).

**4.4.4. Pengaruh kadar aspal terhadap VMA (Void Mineral Agregate) campuran AC-WC**



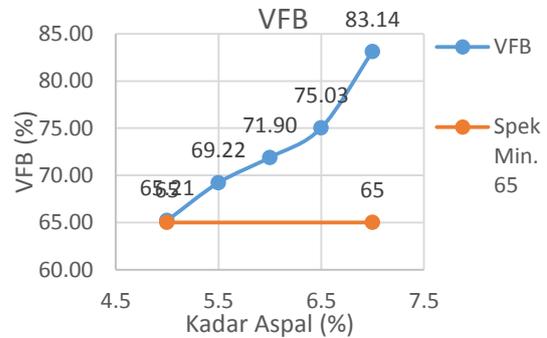
Sumber :Yumin, 2022

**Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VMA**

Gambar 8, Menunjukkan pada setiap penambahan kadar aspal 5% sampai 6,5% nilai VMA mengalami kenaikan kemudian mengalami penurunan pada kadar aspal 7%. Nilai VIM tertinggi terdapat pada kadar aspal 6,5% dengan nilai rata – rata 16,63%. Dari

Gambar 8 dapat dilihat bahwa dari kadar aspal 5% sampai 7%, semuanya memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Spesifikasi ini menetapkan batas minimum untuk nilai VMA adalah 15%.

**4.4.5. Pengaruh kadar aspal terhadap VFB (Void Filled Bitumen) campuran AC-WC**

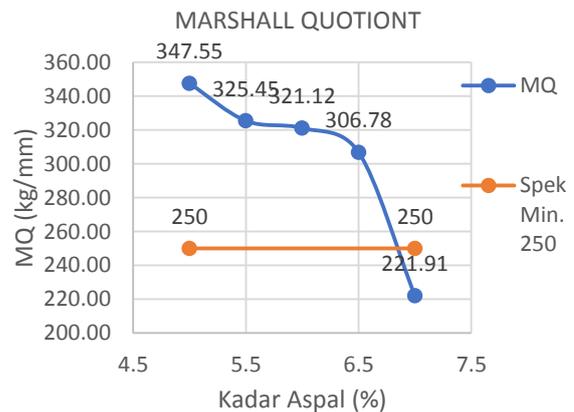


Sumber :Yumin, 2022

**Gambar 9. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VFB**

Gambar 9, Menunjukkan bahwa kecenderungan nilai VFB semakin meningkat berbanding lurus dengan nilai kadar aspal, atau dengan kata lain nilai VFB akan semakin besar seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai VFB pada kadar aspal 5% samapi 7% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yang disyaratkan (minimum 65%).

**4.4.6. Pengaruh kadar aspal terhadap Marshall Quotient campuran AC-WC**



Sumber :Yumin, 2022

**Gambar 10. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Marshall Quotient**

Gambar 10, Menunjukkan hasil bagi Marshall Quotien pada pengujian ini menunjukkan angka rata – rata terbesar ada pada kadar aspal 5% yaitu 347,55 kg/mm, sedangkan nilai rata – rata terkecil ada pada kadar aspal 7% dengan nilai 221,91 kg/mm.

#### 4.5. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum menurut Spesifikasi Bina Marga 2018 untuk laston umumnya berkisar antara 4% sampai 7% terhadap berat campuran. Kadar aspal optimum ditentukan menggunakan standar Bina Marga, dimana ada 6 parameter yang harus dipenuhi, yaitu : VIM, VMA, VFB, Stabilitas, Kelelahan (Flow), dan Marshall Quotient (MQ). Pada penelitian ini didapat kadar aspal optimum yang dari kadar aspal 5% - 7% memenuhi semua persyaratan VIM, VMA, VFB, Stabilitas dan Flow pada kadar aspal 5,2% - 6,8%. Sehingga KAO didapat dengan cara mengambil nilai tengah dari kadar aspal 5,2% - 6,8% yaitu 6%.

### 5. PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat disajikan dari hasil penelitian ini berdasarkan tujuan penelitian adalah :

Karakteristik campuran aspal beton hasil daur ulang dengan menggunakan material Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) hasil dari Cold Milling Machine 20% telah memenuhi batas-batas Spesifikasi Bina Marga 2018. Dengan nilai karakteristik Marshall sebagai berikut :

- a. Nilai stabilitas telah memenuhi batas-batas Spesifikasi Bina Marga 2018 dengan nilai minimal 800 kg pada semua variasi kadar aspal, nilai stabilitas tertinggi 1.277,64 kg.
- b. Nilai karakteristik Flow memenuhi batas – batas Spesifikasi Bina Marga 2018 pada semua variasi kadar aspal.
- c. Nilai karakteristik Air Void (VIM, VMA, dan VFA), telah memenuhi batas – batas Spesifikasi Bina Marga 2018, akan tetapi pada kadar aspal 5% dan 7% nilai VIM tidak memenuhi batas spesifikasi dengan nilai rata – rata 5,22% dan 2,74%.
- d. Nilai karakteristik Marshall Quotient telah memenuhi batas – batas Spesifikasi Bina Marga 2018, akan tetapi pada kadar aspal 7% nilai Marshall Quotient tidak memenuhi batas bawah spesifikasi Bina Marga 2018 dengan nilai rata – rata 221,91 kg/mm, sedangkan nilai yang disyaratkan minimal 250 kg/mm.

Komposisi atau formulasi terbaik kadar aspal optimum campuran aspal beton dengan menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) yaitu : batu pecah 10/20 = 19,10%, batu pecah 5/10 = 32%, pasir = 20%, material RAP = 20% dan abu batu = 8,90%, variasi aspal minyak pen 60/70 = 5%-7%, pada kadar aspal 5,2% - 6,8% memenuhi semua persyaratan VIM, VMA, VFB, Stabilitas dan Flow. Sehingga KAO didapat dengan cara mengambil nilai tengah dari kadar aspal 5,2%-6,8% untuk campuran aspal beton AC-WC sebesar 6%.

#### 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, diusulkan beberapa saran sebagai berikut :

Dengan memperhatikan nilai karakteristik marshall yang didapat dari penelitian, maka sebaiknya material Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) mulai dimanfaatkan dalam perencanaan struktur perkerasan jalan raya.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk KAO (kadar aspal optimum) yang tepat digunakan untuk campuran aspal, atau bias mengacu pada referensi yang lainnya.

Diharapkan pada penelitian selanjutnya pembuatan sampel benda uji diperbanyak lagi setiap persentase kadar aspal agar dapat memperoleh hasil yang maksimal.

Memerlukan penelitian lebih lanjut. Perlu dilakukan penyerapan penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebanyak mungkin agar dapat mengurangi penggunaan material baru saat menggunakan persentase 20%, yang terlalu kecil untuk penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, Eka. 2010. *Kajian Kuat Tekan Terhadap Karakteristik Aspal Beton Pada Campuran Hangat Dengan Modifikasi Agregat Baru RAP Dan Aspal Residu Oil*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Dicky Luqmana, 2017. *Investgasi Sifat Aspal RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) Artifisial Menggunakan Bahan Tambah Filter*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018. *Spesifikasi Umum 2018 Devisi 6 Perkerasan Aspal*. Direktorat Jenderal Bina Marga Kementrial Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Jakarta.
- Firdaus Zubaily, 2017. *Parameter Marshall Beton Aspal AC – WC Menggunakan Material Daur Ulang*. Buketrata : Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Hamdan Muhammad, 2018. *Jurnal Vol. 3. Analisis Formulasi Pemanfaatan Material Daur Ulang Untuk Campuran Aspal Beton*. Makassar : Universitas Muslim Indonesia.
- Sukmo Adi Trasnito, 2019. *Pengaruh Bubuk Talk Sebagai Bahan Filler Pengganti Pada Campuran AC – WC*. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.
- Kusmarini, E.P., Soemitro, R.A.A., Budianto, H. (2012). *“Analisis Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Aspal Pen 60 – 70 sebagai Bahan Campuran Beraspal Panas (Asphaltic Concrete ) (Studi Kasus Ruas Jalan Gemekan – Jombang dan Pandaan – Malang)”*. Surabaya, 11 Juli 2012, ISSN 2301-6752, hal. F-

5 – F-10.

- Muhammad Agung Try Andilla, 2017. *Pengaruh Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement Pada Campuran Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)*. Universitas Andalas, Padang.
- SNI ASTM C136-2012. *Standar Pengujian Analisa saringan agregat halus dan Agregat kasar*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 1969-2016. *Standar Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan agregat halus dan Agregat kasar*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 06-2489-1991. *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Sukirman Silvia, 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman, S., 2007. *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Granit, Jakarta.