

# **PENGARUH VARIASI AGREGAT TERHADAP RONGGA PADA LAPISAN ASPAL BETON *WEARING COURSE* DENGAN PENGUJIAN *MARSHALL***

Singgih Aryo Prakoso<sup>1</sup>, Woro Partini Waryunani<sup>2</sup>, Evi Puspitasari<sup>3</sup>

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar,*

*Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsari, Magelang Utara, Magelang, Jawa Tengah 56116*

*singgharyoprakoso31@gmail.com*

## **INTISARI**

Lapis Aspal beton (AC-WC) merupakan lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural. Lapis aspal beton ini tersusun dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*), dan aspal dan gabungan dari susunan itu disebut gradasi agregat. Gradasi agregat sangat mempengaruhi pada campuran perkerasan aspal dikarenakan gradasi agregat berfungsi memberikan kekuatan pada struktur perkerasan, stabilitas dalam campuran, dengan kondisi yang saling mengikat antara agregat yang satu dengan yang lain. Lapis aspal beton (AC-WC) yang baik yaitu yang mempunyai rongga udara yang tidak terlalu sedikit dan juga tidak terlalu besar, agar volume aspal yang menyelimuti butiran agregat juga sesuai, karena akan mempengaruhi kualitas dari perkerasan lapis aspal beton (AC-WC) tersebut.

Dalam penelitian ini membandingkan kinerja campuran aspal beton (AC-WC) dengan 3 variasi berbeda yaitu yang pertama dibuat gradasi agregat dengan grafik mendekati garis atas *restricted zone*, kedua gradasi agregat dengan grafik berada di tengah antara garis atas *restricted zone* dengan garis bawah *restricted zone*, lalu yang ketiga gradasi agregat dengan grafik mendekati garis bawah *restricted zone* dengan menambahkan 6 variasi kadar aspal yaitu 4,8%, 5,3%, 5,8%, 6,3%, 6,8%, dan 7,3%. untuk mengetahui pengaruh gradasi agregat terhadap campuran beton aspal.

Hasil penelitian menyatakan nilai stabilitas tertinggi 1071kg pada campuran agregat ketiga kadar aspal 5,8%. Kelelehan (*flow*) terendah 2,31 campuran agregat ketiga, kadar aspal 4,8%. *Void Filled Bitumen* (VFB) hasil terendah 54,26% campuran agregat pertama, kadar aspal 4,8%, tertinggi 87,50% campuran agregat ketiga, kadar aspal 7,3%. *Voids In Mineral Aggregate* (VMA) hasil terendah 14,72% campuran agregat ketiga, kadar aspal 4,8%. Tertinggi 16,89% campuran agregat pertama, kadar aspal 5,8%. *Voids In Mix* (VIM) terendah 1,99% campuran agregat kedua, kadar aspal 7,3%. Tertinggi 6,76% campuran agregat pertama, kadar aspal 4,8%. Dengan demikian, variasi agregat sangat berpengaruh terhadap rongga pada campuran lapis aspal beton (AC-WC).

**Kata Kunci:** lapis aspal beton, variasi agregat

## **ABSTRACT**

*Asphalt-concrete mix (AC-WC) is a cover layer for road pavement construction that has structural value. This asphalt concrete layer is composed of coarse aggregate, fine aggregate, filler (filler), and asphalt and the combination of these arrangements is called aggregate gradation. Aggregate gradation greatly affects the asphalt pavement mixture because the gradation of aggregate serves to provide strength to the pavement structure, stability in the mixture, with conditions that bind the aggregates to one another. A good asphalt concrete layer is one that has air voids that are not too small and not too large, so that the volume of asphalt covering the aggregate grains is also appropriate, because it will affect the quality of the asphalt concrete pavement (AC-WC).*

*In this study, we compared the performance of the asphalt-concrete mixture (AC-WC) with 3 different variations, namely the first one made an aggregate gradation with a graph close to the top line of the restricted zone, the second aggregate gradation with the graph in the middle between*

*the top line of the restricted zone and the bottom line of the restricted zone, Then the third is the aggregate gradation with a graph approaching the bottom line of the restricted zone by adding 6 variations of asphalt content to determine the effect of aggregate gradation on the asphalt concrete mix.*

*The results showed that the highest stability value was 1071 kg in the third aggregate with 5.8% asphalt content. The lowest flow rate was 2.31 for the third aggregate, 4.8% asphalt content. Void Filled Bitumen (VFB) had the lowest yield of 54.26% mixture. the first aggregate, the asphalt content is 4.8%, the highest is 87.50%, the third aggregate mixture, the asphalt content is 7.3%. Voids In Mineral Aggregate (VMA) the lowest yield of 14.72% of the third aggregate mixture, asphalt content of 4.8%. The highest is 16.89% of the first aggregate mixture, the asphalt content is 5.8%. The lowest Voids In Mix (VIM) is 1.99% the second aggregate mixture, the asphalt content is 7.3%. The highest is 6.76% of the first aggregate mixture, the asphalt content is 4.8%. Thus, the variation of aggregate greatly affects the voids in the asphalt-concrete mix (AC-WC).*

**Keywords:** asphalt concrete layer, aggregate variation

## PENDAHULUAN

Beton aspal (*asphalt concrete*) atau kadang-kadang disebut aspal beton, merupakan campuran yang terdiri dari aspal keras sebagai bahan pengikat dan agregat-agregat kasar, halus, dan pengisi, dengan cara pencampuran dan pemadatannya dalam kondisi panas dan suhu tertentu. Campuran semen aspal dengan agregat berkualitas tinggi ini stabilitasnya dikembangkan dengan cara memvariasikan ukuran butiran agregat kasar terdapat hubungan satu sama lain saling mengunci. Beton aspal biasanya digunakan untuk lapis permukaan (*surface course*), lapis perata (*lavelling*) dan lapis pengikat/antara (*binder*).

Laston adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural. Campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu [1]. Lapis aspal beton (laston) terdiri dari 3 macam campuran, yaitu Laston lapis aus (AC-WC), Laston lapis pengikat (AC-BC) dan Laston lapis pondasi (AC-base), dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran, secara berturut-turut, adalah 19 mm, 25,4 mm dan 37,5 mm [2].

Lapis aspal beton biasanya digunakan untuk lapis permukaan, lapis perata dan lapis pengikat. Dalam penggunaan, ketiganya mempunyai perbedaan dalam persyaratan campurannya. Agregat yang digunakan umumnya mempunyai gradasi rapat, dan memiliki rongga udara antar agregat kecil dan

memerlukan sedikit aspal. Kerusakan yang sering terjadi pada beton aspal, biasanya dimulai dengan adanya retak-retak pada perkerasan. Hal ini, karena beton aspal mempunyai rongga antara agregat yang kecil, sehingga volume aspal yang menyelimuti butiran agregat juga sedikit. Akibatnya, aspal dengan mudah teroksidasi, lapisan kurang kedap air yang mengakibatkan aspal mudah terkelupas dari agregat yang menyebabkan terjadinya pelepasan butir.

Agregat memiliki peran penting dalam lapis perkerasan dimana daya dukung dari perkerasan jalan ditentukan oleh karakteristik agregat. Gradasi agregat sangat mempengaruhi pada campuran perkerasan aspal dikarenakan gradasi agregat berfungsi memberikan kekuatan pada struktur perkerasan tersebut. Hal ini pada akhirnya mempengaruhi stabilitas dalam campuran, dengan kondisi yang saling mengikat antara agregat yang satu dengan yang lain. Sehingga mempengaruhi kualitas dari perkerasan tersebut. Suatu gradasi agregat dinyatakan dalam persentase agregat lolos, atau persentase agregat tertahan [3].

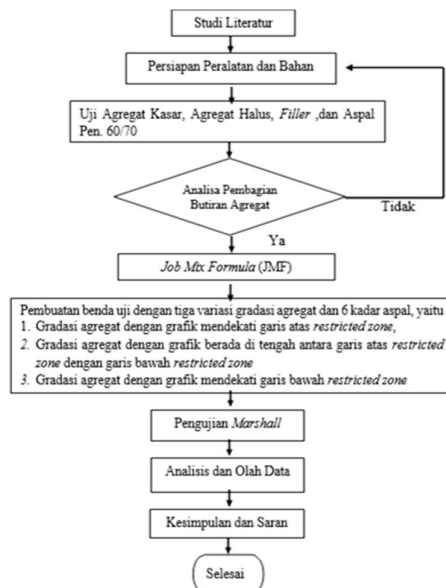
Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan kinerja campuran beton aspal (AC-WC) dengan 3 variasi berbeda yaitu variasi gradasi agregat pertama dengan grafik mendekati garis atas *restricted zone*, kedua gradasi agregat dengan grafik berada di tengah antara garis atas *restricted zone* dengan garis bawah *restricted zone*, lalu yang ketiga gradasi agregat dengan grafik mendekati garis bawah *restricted zone* untuk

mengetahui pengaruh gradasi agregat terhadap campuran beton aspal sehingga didapatkan campuran gradasi laston AC-WC yang memiliki karakteristik lebih baik dengan nilai uji lebih tinggi berdasarkan parameter *marshall*.

## METODE

### Bagan Alur Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian dapat dilihat padagambar di bawah ini:



Gambar 1. Bagan Alur

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di laboratorium Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Magelang.

### Jenis Penelitian

Penelitian ini melaksanakan pengujian di laboratorium menggunakan alat uji dengan spesifikasi *Marshall*. Banyak benda uji yang dipakai adalah 18 benda uji yang terdiri dari 3 benda uji variasi agregat masing-masing memiliki 6 variasi kadar aspal pada setiap variasinya.

### Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan diantaranya: saringan, mesin *sieve shaker*, mesin *Los Angeles*, alat uji agregat terhadap tumbukan (*impact value*), alat ukur

*berat jenis*, alat ukur *kepipihan dan kelonjongan*, alat ukur penetrasi, alat ukur daktalitas, alat ukur titik nyala dan titik bakar, alat ukur titik lembek, cetakan benda uji, *marshall hammer*, *extruder*, timbangan, termometer, pan pencampur, sendok pengaduk, spatula, pemanas aspal dan agregat, *waterbath immersion*, cincin penguji (*proofing ring*), flowmeter.

Adapun bahan pada penelitian ini antara lain: agregat kasar dan halus berasal dari Muntilan, bahan pengisi (*filler*) menggunakan semen Tiga Roda, aspal penetrasi 60/70 produksi PT Pertamina.

### Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Variabel bebas yang terdiri dari persentase agregat kasar terhadap campuran agregat, persentase agregat halus terhadap campuran agregat, dan persentase *filler* terhadap campuran agregat
2. Variabel terikat yang terdiri dari persentase aspal yang digunakan, karakteristik *Marshall* (stabilitas, kelelahan (*flow*), MQ, VIM, VMA, dan VFA)
3. Variabel kontrol yang terdiri dari variasi agregat kasar, variasi agregat halus, dan ukuran butiran agregat.

### Analisis Data

Metode analisis data dilakukan dengan metode Bina Marga menggunakan spesifikasi AC-WC pengujian *Marshall*, Pengujian *Marshall* meliputi: analisa *void* yang terdiri dengan metode dari VMA (*void material aggregate*), VIM (*void in the mix*) dan VFB (*void filled with bitumen*), dan MQ (*Marshall Quotient*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Pembagian Butiran Agregat Agregat Kasar ½"

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di laboratorium, hasil uji agregat ukuran ½" dapat dilihat pada Tabel 1.

| Ukuran Saringan |        | Berat Tahanan<br>Masing² Saringan<br>(mm) | KOMULATIF               |              |            |
|-----------------|--------|-------------------------------------------|-------------------------|--------------|------------|
| inch            | mm     |                                           | Berat Tahanan<br>(gram) | %<br>Tahanan | %<br>Lolos |
| 1               | 2      | 3                                         | 4                       | 5            | 6          |
| 1/2"            | 12,700 | 606                                       | 1952                    | 78           | 22         |
| 3/8"            | 9,500  | 404                                       | 2356                    | 94           | 6          |
| 4               | 4,760  | 96                                        | 2452                    | 98           | 2          |
| 8               | 2,380  | 44                                        | 2496                    | 100          | 0          |
| 16              | 1,190  | 0                                         | 2496                    | 100          | 0          |
| 30              | 0,590  | 0                                         | 2496                    | 100          | 0          |
| 100             | 0,149  | 0                                         | 2496                    | 100          | 0          |
| 200             | 0,074  | 4                                         | 2500                    | 100          | 0          |
| Pan             |        | 0                                         | 2500                    | 100          | 0          |

Berat seluruh contoh = 2.500 gr

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di laboratorium, hasil uji agregat ukuran 3/8" dapat dilihat pada Tabel 2.

| Ukuran Saringan |        | Berat Terahan<br>Masing Saringan<br>(mm) | KOMULATIF               |              |            |
|-----------------|--------|------------------------------------------|-------------------------|--------------|------------|
| inch            | mm     |                                          | Berat Terahan<br>(gram) | %<br>Terahan | %<br>Lolos |
| 1               | 2      | 3                                        | 4                       | 5            | 6          |
| 3/4"            | 19.000 | 0                                        | 0                       | 0            | 100        |
| 1/2"            | 12.700 | 615                                      | 615                     | 25           | 75         |
| 3/8"            | 9.500  | 1066                                     | 1681                    | 67           | 33         |
| 4               | 4.760  | 572                                      | 2253                    | 90           | 10         |
| 8               | 2.380  | 120                                      | 2373                    | 95           | 5          |
| 16              | 1.190  | 50                                       | 2423                    | 97           | 3          |
| 30              | 0.590  | 18                                       | 2441                    | 98           | 2          |
| 100             | 0.149  | 26                                       | 2467                    | 99           | 1          |
| 200             | 0.074  | 33                                       | 2500                    | 100          | 0          |
| Pan             |        | 0                                        | 2500                    | 100          | 0          |

Berat Jenis Bulk (gr/cc) diketahui sebesar 2,548 gr/cc dan 2,548 gr/cc dengan persyaratan minimal sebesar 2,5 gr/cc, berarti memenuhi.

Penyerapan air diketahui sebesar 2,469 % dan 2,463 % dengan persyaratan maksimal sebesar 3%, berarti memenuhi

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di laboratorium, hasil pembagian butiran agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.

| Ukuran Saringan               |        | Berat Tertahan        | KOMULATIF |     |       |  |
|-------------------------------|--------|-----------------------|-----------|-----|-------|--|
| Massing <sup>2</sup> Saringan |        | Berat Tertahan (gram) | Tertahan  |     | %     |  |
| inch                          | mm     |                       | 4         | 5   | Loles |  |
| 1                             | 2      | 3                     |           |     |       |  |
| 3/4"                          | 19,000 | 0                     | 0         | 0   | 100   |  |
| 1/2"                          | 12,700 | 0                     | 0         | 0   | 100   |  |
| 3/8"                          | 9,500  | 0                     | 0         | 0   | 100   |  |
| 4                             | 4,760  | 552                   | 552       | 22  | 78    |  |
| 6                             | 2,380  | 613                   | 1165      | 47  | 53    |  |
| 10                            | 1,190  | 438                   | 1603      | 64  | 36    |  |
| 30                            | 0,590  | 331                   | 1933      | 77  | 23    |  |
| 100                           | 0,149  | 118                   | 2235      | 89  | 11    |  |
| 200                           | 0,074  | 265                   | 2500      | 100 | 0     |  |
| Pan                           |        | 0                     | 2500      | 100 | 0     |  |
| Berat seluruh contoh          |        | =                     | 2.500 gr  |     |       |  |

Berat Jenis SSD (gr/cc) diketahui sebesar 2,279 gr/cc dengan persyaratan minimal sebesar 2,500 gr/cc, berarti memenuhi.

Penyerapan air sebesar 2,558 % dengan syarat maksimal 3%, berarti memenuhi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di laboratorium, hasil pembagian butiran *filler* (semen) dapat dilihat pada Tabel 4.

| Jenis material        | Filler (semir)   |                |         | Jenis material        | Filler (semen)   |                |         |           |
|-----------------------|------------------|----------------|---------|-----------------------|------------------|----------------|---------|-----------|
| Zeml total yg teragat |                  | 200            | gram    | Zeml total yg teragat |                  | 200            | gram    |           |
| Gradien no            |                  |                |         | Gradien no            |                  |                |         | rata-rata |
| Ukuran Saringan       | berat massal (%) | KUMULATIF      |         | Ukuran Saringan       | berat massal (%) | KUMULATIF      |         |           |
| ASTM mm               | Berat saringan   | Berat saringan | % Lolos | ASTM mm               | Berat saringan   | Berat saringan | % Lolos |           |
| 1" 25                 |                  |                |         | 1" 25                 |                  |                |         |           |
| 3/4" 19.0             |                  |                |         | 3/4" 19.0             |                  |                |         |           |
| 1/2" 12.7             |                  |                |         | 1/2" 12.7             |                  |                |         |           |
| 3/8" 9.5              |                  |                |         | 3/8" 9.5              |                  |                |         |           |
| no 4 4.75             |                  |                |         | no 4 4.75             |                  |                |         |           |
| no 5 2.36             |                  |                |         | no 5 2.36             |                  |                |         |           |
| no 16 1.18            | 0.0              | 0.0            | 100.00  | no 16 1.18            | 0.0              | 0.0            | 100.00  | 100%      |
| no 30 0.60            | 0.0              | 0.0            | 100.00  | no 30 0.60            | 0.0              | 0.0            | 100.00  | 100%      |
| no 60 0.25            | 0.0              | 0.0            | 100.00  | no 60 0.25            | 0.0              | 0.0            | 100.00  | 100%      |
| no 100 0.15           | 1.3              | 0.65           | 99.35   | no 100 0.15           | 1.5              | 0.75           | 99.25   | 99.3%     |
| no 200 0.075          | 1.3              | 1.65           | 98.35   | no 200 0.075          | 1.3              | 1.65           | 98.35   |           |

4

dari gumpalan gumpalan dan bila diuji dengan penyaringan harus mengandung bahan yang lolos saringan No.200 tidak kurang dari 75 % dari yang lolos saringan No. 30. Maka, dari hasil pengujian yang telah dilakukan filler semen produk dari Tiga Roda tersebut memenuhi persyaratan.

#### Pengujian Berat Jenis Agregat

Hasil pengujian berat jenis agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

| URAIAN PEMERIKSAAN          |                               |  | NO. CONTOH |        |
|-----------------------------|-------------------------------|--|------------|--------|
|                             |                               |  | 1          | 2      |
| Berat Ssd                   | a                             |  | 5230,0     | 5491   |
| Berat Kering oven           | b                             |  | 5104,0     | 5359   |
| Berat Dalam Air             | c                             |  | 3227,0     | 3388   |
| PERHITUNGAN                 |                               |  |            |        |
| Berat Jenis Bulk Agregat    | b                             |  | 2,548      | 2,548  |
|                             | a - c                         |  | Rata-rata  | 2,548  |
| Berat Jenis Ssd Agregat     | a                             |  | 2,611      | 2,611  |
|                             | a - c                         |  | Rata-rata  | 2,611  |
| Berat Jenis Aparent Agregat | b                             |  | 2,719      | 2,719  |
|                             | b - c                         |  | Rata-rata  | 2,719  |
| Penyerapan                  | $\frac{a-b}{b} \times 100 \%$ |  | 2,469%     | 2,463% |
|                             |                               |  | Rata-rata  | 2,466% |

Hasil pengujian berat jenis agregat halus dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

| URAIAN PEMERIKSAAN          |                               |  | NO. CONTOH |        |
|-----------------------------|-------------------------------|--|------------|--------|
|                             |                               |  | 1          | 2      |
| Berat Ssd                   | a                             |  | 5224,0     | 5281   |
| Berat Kering oven           | b                             |  | 5094,0     | 5149   |
| Berat Dalam Air             | c                             |  | 3324,0     | 3359   |
| PERHITUNGAN                 |                               |  |            |        |
| Berat Jenis Bulk Agregat    | b                             |  | 2,681      | 2,679  |
|                             | a - c                         |  | Rata-rata  | 2,680  |
| Berat Jenis Ssd Agregat     | a                             |  | 2,749      | 2,748  |
|                             | a - c                         |  | Rata-rata  | 2,749  |
| Berat Jenis Aparent Agregat | b                             |  | 2,878      | 2,877  |
|                             | b - c                         |  | Rata-rata  | 2,877  |
| Penyerapan                  | $\frac{a-b}{b} \times 100 \%$ |  | 2,552%     | 2,564% |
|                             |                               |  | Rata-rata  | 2,558% |

#### Pengujian Aspal

Dalam penelitian ini pengujian aspal meliputi pengujian daktilitas aspal, penetrasi aspal, dan pengujian titik lembek aspal. Hasil dari pemeriksaan aspal dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Aspal

| NO | JENIS PEMERIKSAAN | SYARAT               |       | NILAI KARAKTERISTIK     |
|----|-------------------|----------------------|-------|-------------------------|
|    |                   | MIN                  | MAKS  |                         |
| 1. | Penetrasi         | 60 mm                | 70 mm | 62,13 mm                |
| 2. | Titik Lembek      | 48 °C                | 58 °C | 53,57 °C                |
| 3. | Daktilitas        | 100 cm               | -     | 145,6 cm                |
| 4  | Berat Jenis       | 1 gr/cm <sup>3</sup> | -     | 1,039gr/cm <sup>3</sup> |

Hasil pengujian aspal mendapatkan

hasil bahwa jenis aspal yang digunakan untuk penelitian ini merupakan aspal produksi Pertamina penetrasi 60/70. Pengujian penetrasi dengan menggunakan aspal dengan berat 10 gr serta suhu sebesar 25 °C selama 5 detik didapatkan nilai sebesar 62,13 mm dengan rentang pengujian penetrasi persyaratan minimal sebesar 60 mm dan rentang pengujian penetrasi persyaratan maksimal sebesar 79 mm, sehingga untuk hasil dari pengujian penetrasi aspal penetrasi 60/70 sudah memenuhi persyaratan sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, Revisi 3.

Setelah uji penetrasi aspal selanjutnya adalah pengujian titik lembek aspal. Pengujian titik lembek aspal didapatkan nilai titik lembek didapat sebesar 53,57 °C dengan rentang pengujian titik lembek persyaratan minimal sebesar 48 °C dan rentang pengujian titik lembek persyaratan maksimal sebesar 58 °C, sehingga untuk hasil dari pengujian uji titik lembek aspal penetrasi 60/70 tersebut **memenuhi** persyaratan sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, Revisi 3.

Pengujian daktilitas dilakukan pada temperature 25 °C ± 0,5 °C atau temperature lainnya dengan cara menentukan jarak pemuluran aspal dalam cetakan. Alat daktilometer sendiri yang digunakan sepanjang 150 cm. Pemuluran aspal dalam cetakan pada saat putus setelah di tarik dengan kecepatan 50 mm per menit ± 2,5 mm didapatkan nilai sebesar 145,6 cm dengan rentang persyaratan pengujian pemuluran aspal minimal sebesar 100 cm. sehingga untuk hasil dari pengujian uji daktilitas aspal penetrasi 60/70 tersebut **memenuhi** persyaratan sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, Revisi 3.

#### Job Mix Formula (JMF)

Dari hasil penelitian agregat kasar, agregat halus dan *filler* (semen) yang telah dilaksanakan di laboratorium Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang Kabupaten Magelang maka selanjutnya membuat *Job Mix Formula* (JMF).

Berdasarkan analisa *trial and error*, perbandingan *Job Mix Formula* (JMF) yang ideal adalah campuran agregat yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3, JMF yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian menggunakan 3 perbandingan gradasi agregat. JMF dapat dilihat pada Tabel

8, 9, dan 10.

Tabel 8. Campuran Gradasi Agregat 1

| UKURAN SARINGAN | GRADASI AULI    |                 |       |       | GRADASI GABUNGAN | SPESIFIKASI |             |
|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|------------------|-------------|-------------|
|                 | 62,0%           | 27,0%           | 10,0% | 1,0%  |                  | BATAS ATAS  | BATAS BAWAH |
|                 | Batu Pecah 1/2" | Batu Pecah 3/8" | Pasir | Semen |                  |             |             |
| 3/4"            | 62,00           | 27,00           | 10,00 | 1,00  | 100,00           | 100         | 100         |
| 1/2"            | 62,00           | 27,00           | 7,00  | 1,00  | 97,00            | 90          | 100         |
| 3/8"            | 62,00           | 24,00           | 0,88  | 1,00  | 87,88            | 77          | 90          |
| 4               | 60,31           | 2,70            | 0,07  | 1,00  | 64,08            | 53          | 69          |
| 8               | 47,23           | 0,31            | 0,01  | 1,00  | 48,55            | 33          | 53          |
| 16              | 33,90           | 0,21            | 0,01  | 1,00  | 35,12            | 21          | 40          |
| 30              | 24,06           | 0,21            | 0,01  | 1,00  | 25,28            | 14          | 30          |
| 100             | 11,20           | 0,20            | 0,01  | 0,93  | 12,34            | 6           | 15          |
| 200             | 4,11            | 0,19            | 0,00  | 0,91  | 5,21             | 4           | 9           |

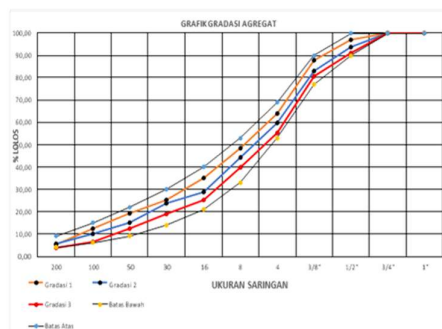
Tabel 9. Campuran Gradasi Agregat 2

| UKURAN SARINGAN | GRADASI AULI    |                 |       |       | GRADASI GABUNGAN | SPESIFIKASI |             |
|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|------------------|-------------|-------------|
|                 | 42,0%           | 11,0%           | 45,5% | 1,5%  |                  | BATAS ATAS  | BATAS BAWAH |
|                 | Batu Pecah 1/2" | Batu Pecah 3/8" | Pasir | Semen |                  |             |             |
| 3/4"            | 42,00           | 11,00           | 45,50 | 1,50  | 100,00           | 100         | 100         |
| 1/2"            | 41,18           | 5,64            | 45,50 | 1,50  | 93,81            | 90          | 100         |
| 3/8"            | 35,12           | 1,06            | 45,50 | 1,50  | 83,18            | 77          | 90          |
| 4               | 13,70           | 0,06            | 44,68 | 1,50  | 59,94            | 53          | 69          |
| 8               | 1,40            | 0,03            | 41,29 | 1,50  | 44,22            | 33          | 53          |
| 16              | 0,48            | 0,00            | 26,73 | 1,50  | 28,69            | 21          | 40          |
| 30              | 0,25            | 0,00            | 22,05 | 1,50  | 23,80            | 14          | 30          |
| 100             | 0,00            | 0,00            | 8,28  | 1,69  | 9,96             | 6           | 15          |
| 200             | 0,00            | 0,00            | 3,99  | 1,67  | 5,67             | 4           | 9           |

Tabel 10. Campuran Gradasi Agregat 3

| UKURAN SARINGAN | GRADASI AULI    |                 |       |       | GRADASI GABUNGAN | SPESIFIKASI |            |
|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|------------------|-------------|------------|
|                 | 59,0%           | 27,0%           | 12,0% | 2,0%  |                  | BATAS BAWAH | BATAS ATAS |
|                 | Batu Pecah 1/2" | Batu Pecah 3/8" | Pasir | Semen |                  |             |            |
| 1"              | 59,00           | 27,00           | 12,00 | 2,00  | 100,00           | 100         | 100        |
| 3/4"            | 59,00           | 27,00           | 12,00 | 2,00  | 100,00           | 100         | 100        |
| 1/2"            | 59,00           | 27,00           | 3,07  | 2,00  | 91,07            | 90          | 100        |
| 3/8"            | 51,00           | 26,61           | 1,06  | 2,00  | 80,67            | 77          | 90         |
| 4               | 50,64           | 2,70            | 0,09  | 2,00  | 55,43            | 53          | 69         |
| 8               | 37,38           | 0,31            | 0,01  | 2,00  | 39,70            | 33          | 53         |
| 16              | 22,98           | 0,21            | 0,01  | 2,00  | 25,20            | 21          | 40         |
| 30              | 16,75           | 0,21            | 0,01  | 2,00  | 18,97            | 14          | 30         |
| 50              | 10,11           | 0,20            | 0,01  | 2,00  | 12,32            | 9           | 22         |
| 100             | 4,35            | 0,20            | 0,01  | 1,86  | 6,42             | 6           | 15         |
| 200             | 1,82            | 0,19            | 0,00  | 1,81  | 3,82             | 4           | 9          |

Setelah mendapatkan hasil ketiga campuran gradasi agregat pada *Job Mixed Formula* (JMF) masing-masing variasi campuran agregat, hasil grafik dari ketiga campuran agregat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Gabungan Gradasi Agregat

Berdasarkan analisa *trial and error*, pembuatan *Job Mix Formula* (JMF) yang ideal atau yang baik untuk memenuhi Spesifikasi Teknis Bina Marga 2010 Revisi 3. JMF yang akan dipakai adalah 3 campuran agregat sebagai acuan dalam melakukan penelitian. komposisi campuran pertama didasarkan pada fraksi batu pecah 1/2" sebesar 62 %, batu pecah 3/8" sebesar 27 %, pasir sebesar 10 %, dan *Filler* (semen) sebesar 1 %. Kemudian komposisi agregat kedua didasarkan pada fraksi batu pecah 1/2" sebesar 42 %, batu pecah 3/8" sebesar 11 %, pasir sebesar 45.5 %, dan *Filler* (semen) sebesar 1,5 %, dan komposisi agregat yang ketiga didasarkan pada fraksi batu pecah 1/2" sebesar 59 %, batu pecah 3/8" sebesar 27%, pasir sebesar 12%, dan *Filler* (semen) sebesar 2 %, dan dengan 6 kadar aspal berbeda.

Setelah dibuat komposisi campuran / *Job Mix Formula* (JMF) yang terdiri dari gradasi agregat kasar, agregat halus, filler semen dan aspal pertamina pen 60/70, maka dibuat benda uji. Dari JMF tersebut kemudian dibuat 18 benda uji yang terdiri dari 3 variasi campuran agregat dengan 6 kadar aspal di setiap variasi agregat berbeda.

## Pengujian Marshall

### 1. Stabilitas

Berdasarkan pengujian *Marshall* yang sudah dilaksanakan di laboratorium, hasil pengujian stabilitas pada setiap kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Pengujian Stabilitas

| No | Kadar Aspal | Variasi Campuran |       |        | Syarat Minimum |
|----|-------------|------------------|-------|--------|----------------|
|    |             | 1                | 2     | 3      |                |
| 1  | 4,8%        | 747kg            | 712kg | 728kg  | 800 kg         |
| 2  | 5,3%        | 913kg            | 929kg | 915kg  | 800 kg         |
| 3  | 5,8%        | 995kg            | 938kg | 1071kg | 800 kg         |
| 4  | 6,3%        | 834kg            | 906kg | 909kg  | 800 kg         |
| 5  | 6,8%        | 703kg            | 724kg | 750kg  | 800 kg         |
| 6  | 7,3%        | 665kg            | 680kg | 677kg  | 800 kg         |

Berdasarkan Tabel 11. Hasil pengujian stabilitas didapatkan hasil bahwa nilai stabilitas kadar aspal 4,8%; 5,3%; 5,8%; 6,3%; 6,8%; dan 7,3% yang memenuhi syarat sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3 dengan nilai stabilitas minimal

sebesar 800 Kg. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh, kadar aspal, kohesi atau penetrasi aspal, sifat saling mengunci (interlocking) dari partikel-partikel agregat, bentuk dan tekstur permukaan, gesekan (internal friction), bentuk dan tekstur permukaan, serta gradasi agregat.

## 2. Kelelahan (*Flow*)

Berdasarkan pengujian *Marshall* yang sudah dilaksanakan di laboratorium, hasil pengujian kelelahan (*flow*) dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Pengujian Kelelahan (*Flow*)

| No | Kadar Aspal | Variasi Campuran |        |        | Syarat Minimum |          |
|----|-------------|------------------|--------|--------|----------------|----------|
|    |             | 1                | 2      | 3      | min (mm)       | max (mm) |
| 1  | 4,8%        | 2,29mm           | 2,35mm | 2,31mm | 2              | 4        |
| 2  | 5,3%        | 2,50mm           | 2,50mm | 2,50mm | 2              | 4        |
| 3  | 5,8%        | 2,75mm           | 2,75mm | 2,80mm | 2              | 4        |
| 4  | 6,3%        | 3,92mm           | 3,92mm | 3,95mm | 2              | 4        |
| 5  | 6,8%        | 4,82mm           | 4,82mm | 4,99mm | 2              | 4        |
| 6  | 7,3%        | 4,98mm           | 5,03mm | 5,01mm | 2              | 4        |

Hasil pengujian kelelahan (*flow*) menunjukkan bahwa nilai kelelahan (*flow*) yang sudah mampu memenuhi syarat semua sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3 adalah semua variasi campuran agregat 1,2, dan 3 kecuali pada variasi kadar aspal 6,8 % dan 7,3 % dengan rentang nilai kelelahan (*flow*) minimal sebesar 2,00 mm dan maksimal 4,00 mm. Nilai *flow* dipengaruhi oleh viskositas aspal, gradasi agregat, kadar aspal, jumlah dan temperatur pemadatan.

## 3. *Voids Filled Bitumen* (VFB)

Berdasarkan pengujian *Marshall* yang sudah dilaksanakan di laboratorium, hasil pengujian *Voids Filled Bitumen* (VFB) dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Pengujian VFB

| No | Kadar Aspal | Variasi Campuran |       |       | Syarat Minimum (%) |
|----|-------------|------------------|-------|-------|--------------------|
|    |             | 1                | 2     | 3     |                    |
| 1  | 4,8         | 54,26            | 54,27 | 54,52 | 65%                |
| 2  | 5,3         | 65,85            | 66,18 | 66,50 | 65%                |
| 3  | 5,8         | 78,76            | 76,23 | 79,68 | 65%                |
| 4  | 6,3         | 76,51            | 76,70 | 80,38 | 65%                |
| 5  | 6,8         | 79,20            | 78,52 | 80,06 | 65%                |
| 6  | 7,3         | 85,24            | 87,50 | 85,55 | 65%                |

Berdasarkan Tabel 4.16 pengujian *Voids Filled Bitumen* (VFB) didapatkan hasil bahwa nilai *Voids Filled Bitumen* (VFB) pada semua variasi agregat dan

kadar aspal sudah memenuhi syarat sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3, kecuali pada variasi kadar aspal 4,8 % dengan nilai 54,3% dari batas minimal nilai *Voids Filled Bitumen* (VFB) sebesar 65 %. Nilai VFB dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: energi, suhu pemadatan, jenis dan kadaraspal, serta gradasi agregatnya.

## 4. *Voids In Mineral Aggregate* (VMA)

Berdasarkan pengujian *Marshall* yang sudah dilaksanakan di laboratorium, hasil pengujian *Voids In Mineral Aggregate* (VMA) dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Pengujian VMA

| No | Kadar Aspal | Variasi Campuran |       |       | Syarat Minimum |
|----|-------------|------------------|-------|-------|----------------|
|    |             | 1                | 2     | 3     |                |
| 1  | 4,8         | 14,78            | 14,78 | 14,72 | 15%            |
| 2  | 5,3         | 14,11            | 14,05 | 13,99 | 15%            |
| 3  | 5,8         | 16,89            | 16,74 | 16,60 | 15%            |
| 4  | 6,3         | 15,17            | 15,14 | 15,75 | 15%            |
| 5  | 6,8         | 16,04            | 16,16 | 15,90 | 15%            |
| 6  | 7,3         | 16,30            | 15,95 | 15,70 | 15%            |

Hasil pengujian *Voids In Mineral Aggregate* (VMA) mendapatkan hasil bahwa nilai *Voids In Mineral Aggregate* (VMA) campuran agregat 1, 2, dan 3 khususnya pada variasi kadar aspal 4,8 %, 5,3 %, dan 5,8 % tidak memenuhi syarat sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010, Revisi 3. Sedangkan untuk variasi kadar 6,3 %, 6,8 %, dan 7,3 % berhasil memenuhi syarat.

## 5. *Voids In Mix* (VIM)

Berdasarkan pengujian *Marshall* yang sudah dilaksanakan di laboratorium, hasil pengujian *Voids In Mix* (VIM) dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Pengujian VIM

| No | Kadar Aspal | Variasi Campuran |      |      | Syarat Minimum (%) |     |
|----|-------------|------------------|------|------|--------------------|-----|
|    |             | 1                | 2    | 3    | min                | max |
| 1  | 4,8         | 6,76             | 6,76 | 6,70 | 3%                 | 5%  |
| 2  | 5,3         | 4,82             | 4,75 | 4,69 | 3%                 | 5%  |
| 3  | 5,8         | 3,59             | 3,98 | 3,37 | 3%                 | 5%  |
| 4  | 6,3         | 3,56             | 3,53 | 3,09 | 3%                 | 5%  |
| 5  | 6,8         | 3,34             | 3,47 | 3,17 | 3%                 | 5%  |
| 6  | 7,3         | 2,41             | 1,99 | 2,27 | 3%                 | 5%  |

Berdasarkan Tabel 4.18 mendapatkan hasil pengujian untuk penelitian ini campuran agregat 1, 2, dan 3 pada kadar aspal 4,8 % dan 7,3 % mendapatkan hasil *Voids In Mix* (VIM) tidak memenuhi syarat dengan nilai sebesar 6,76 %; 6,76 %; 6,70 % dan 2,41 %; 1,99 %; 2,27 %. Pada campuran agregat dengan kadar aspal 5,3 %, 5,8 %, 6,3 %, dan 6,8%

mendapatkan hasil *Voids In Mix* (VIM) memenuhi.

#### 6. *Marshall Quotient* (MQ)

Berdasarkan pengujian *Marshall* yang sudah dilaksanakan di laboratorium, hasil pengujian *Voids In Mix* (VIM) dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Pengujian MQ

| No | Kadar Aspal | Variasi Campuran |        |        | Syarat Minimum kg/mm |
|----|-------------|------------------|--------|--------|----------------------|
|    |             | 1                | 2      | 3      |                      |
| 1  | 4,8         | 326,03           | 302,82 | 315,00 | 250kg                |
| 2  | 5,3         | 365,07           | 367,29 | 366,00 | 250kg                |
| 3  | 5,8         | 361,73           | 352,59 | 382,35 | 250kg                |
| 4  | 6,3         | 212,85           | 228,70 | 230,00 | 250kg                |
| 5  | 6,8         | 145,78           | 146,59 | 150,30 | 250kg                |
| 6  | 7,3         | 135,94           | 135,19 | 132,73 | 250kg                |

Semakin besar nilai *Marshall Quotient* (QM) berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil *Marshall Quotient* (QM) maka perkerasannya semakin lentur.

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

Pembahasan dari hasil pengujian kadar aspal secara menyeluruh mendapatkan kadar aspal optimum apabila ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.16



Gambar 3.3 Grafik Hasil Uji *Marshall*

Kadar aspal optimum didapat dari rentang kadar aspal sebesar 4,8 % sampai dengan kadar aspal sebesar 7,3 %. Berikut hasil uji *marshall* campuran agregat nomor 3 (campuran paling optimum) dengan KAO 5,8%

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Variasi agregat pada campuran agregat mendekati garis atas *restricted zone*, gradasi agregat batas tengah dan gradasi agregat mendekati garis bawah *restricted zone* memiliki pengaruh terhadap rongga pada lapis aspal beton AC – WC.
2. Dari ketiga campuran agregat nilai *Void*

*Filled Bitumen* (VFB) tertinggi 87,50 terdapat pada campuran agregat kedua dengan persentase agregat halus 45% dari total agregat, pada kadar aspal sebesar 7,3%.

3. *Voids In Mineral Aggregate* (VMA) yang digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas. Pada ketiga campuran agregat yang belum memenuhi syarat minimum yang telah ditentukan yaitu sebesar 15%.
4. *Voids In Mix* (VIM) pada ketiga campuran agregat telah mampumemenuhi persyaratan yang sudah ditentukan yaitu antara 3-5% dari total campuran.

## Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penambahan zat aditif dan campuran filler lain sehingga dapat menghasilkan campuran agregat yang lebih baik lagi.
2. Sebelum dilakukan penelitian, diperlukan pengujian bahan yang betul- betul akurat, karena material agregat di lapangan mempunyai sifat dan karakteristik yang sangat berbeda setiap waktu. Lebih-lebih bahan yang diperoleh secara alami yang sangat dipengaruhi oleh proses terbentuknya (faktor cuaca) mempunyai peranan besar dalam pembentukan karakteristik bahan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syarwan, S., & Ferry, H. (2013). Kajian Gradasi Agregat Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) Terhadap Nilai Parameter *Marshall* Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010.
- [2] Putri, I. R. B., Hariyadi, H., Karyawan, I. D. M. A., & Ahyudanari, E. (2019). Pengaruh Variasi Penambahan Agregat Buatan Terhadap Kadar Aspal Optimum untuk Perkerasan Aspal Lapis Aus. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), E104-E113.
- [3] Ariyanti, D., Sutrisno, W., & Haza, Z. F. (2018). Pengaruh Komposisi Agregat Kasar Terhadap Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC- WC).

RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik  
Sipil, 3(1), 58-65.