

# Pengaruh Komposisi Agregat Terhadap Karakteristik Beton Aspal (AC-WC) Dengan Menggunakan Batuan Lokal Sungai Gung Di Desa Danawarih Kecamatan Balapulang Kabupaten Tegal

Weimintoro<sup>1</sup>, NovanDwiAnggoro<sup>2</sup>, Rahman Aulia<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Sipil, Universitas Pancasakti, Tegal

<sup>3</sup>Teknik Sipil, Universitas Teuku Umar, Aceh

e-mail: <sup>1</sup>weimintoro@yahoo.co.id, <sup>2</sup>dwinovan131@gmail.com, <sup>3</sup>auliarahman@utu.ac.id

## Abstract

*Pavement using asphalt concrete is still used in the construction and revitalization of roads in Indonesia, be it arterial, collector or local roads. In supporting the sustainability of road construction, a study was carried out on the asphalt concrete mixture for wear layers in order to determine the properties of the asphalt concrete mixture by comparing several different compositions. The planned composition of the mixture is a composition of a fine graded wear layer, a medium grade composition of a wear layer, and a composition of a coarsely graded wear layer. The method used in this research is laboratory experiment. In conducting testing, both the material and the mixture refers to the existing standards in Indonesia. From the test results on the Marshall parameter, the results for a fine-graded wear layer mixture, the optimum asphalt content value was 5.95%, density 2.268 gr / cc, air cavity 4.15%, cavities filled with asphalt 76.85%, cavities in mineral aggregate 17, 40%, Stability 880 kg, plastic melt 3,55 mm, and marshall quotient 254 kg / mm. Medium grade wear layer mixture with optimum asphalt content value of 5.90%, density 2.316 gr / cc, air cavity 4.20%, cavities filled with asphalt 73.80%, cavities in mineral aggregates 15.68%, stability 1310 kg, plastic melt 3.40 mm, and the marshall quotient is 410 kg / mm. A mixture of coarsely graded wear layers with an optimum asphalt content value of 5.75%, density 2,280 gr / cc, air cavity 4.40%, cavities filled with asphalt 74.00%, cavities in mineral aggregates 16.70%, stability 1110 kg, plastic melt 3.32 mm, marshall quotient 310 kg / mm.*

**Keywords**—Gradation, Wear layer, Marshall

## 1. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan menggunakan beton aspal masih menjadi pilihan dalam pembangunan dan revitalisasi di beberapa ruas jalan yang ada di Indonesia. Meskipun beberapa ruas jalan sudah menggunakan perkerasan beton semen, akan tetapi perkerasan jalan menggunakan beton aspal masih menjadi pilihan alternative karena dalam perencanaannya mempertimbangkan kondisi geografis dari wilayah itu sendiri, daya dukung tanah dasar, existing jalan serta nilai ekonomisnya. Beton aspal itu sendiri menurut (Sukirman, 2003) mempunyai definisi “Jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan”. Yang dimana 90-95% bahan utamanya adalah agregat. Oleh karena itu daya dukung lapisan perkerasan beton aspal sangat ditentukan oleh sifat-sifat butir agregat seperti gradasi agregat, kebersihan agregat, dan tingkat ketahanan agregat.

Dalam perancangannya sifat-sifat agregat seperti ketahanan, gradasi agregat, dan kebersihan agregat sangat menentukan mutu dari beton aspal itu sendiri sehingga sifat karakteristik beton aspal seperti stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, tahan terhadap geser, tahan terhadap kelelahan, kedap air, dan mudah dilaksanakan akan terpenuhi sesuai ketetapan yang berwenang. Se jauh ini pemilihan komposisi agregat masih bersifat kondisional. Sebagai contoh, jika perkerasan jalan direncanakan digunakan untuk melayani lalu lintas kendaraan berat, maka sifat stabilitas lebih diutamakan. Dalam spesifikasi bina marga pun tidak ada satu proporsi campuran yang baku namun spesifikasi membatasi nilai gradasi dalam batas dan rentang tertentu karena sifat butir-butir agregat akan sangat berbeda tergantung kondisi di sumber material batuan itu sendiri serta cara pengolahannya.

Dari teori dan permasalahan diatas perlu dilakukan sebuah penelitian pengaruh komposisi agregat terhadap karakteristik beton aspal dengan menggunakan material dari sumber tertentu. Pada penelitian ini penulis ingin mencoba menggunakan batuan yang berasal dari Sungai Gung di Desa Danawarih Kecamatan Balapulang Kabupaten Tegal. Alasan penulis memilih batuan yang berasal dari Sungai Gung adalah karena mempertimbangkan jarak angkut dari sumber material ke pabrik pengolahan pemecah batu dan jika diproses menjadi campuran beton aspal lalu diterapkan di proyek konstruksi khususnya di daerah Tegal dan sekitarnya akan mempunyai nilai efisiensi waktu dan ekonomis dibandingkan batuan yang berasal dari tempat lain yang mempunyai jarak yang lebih jauh. Selanjutnya penelitian ini akan dilakukan pada satu jenis perkerasan beton aspal serta membandingkan beberapa komposisi untuk dijadikan sebuah rancangan beton aspal lalu sejauh mana pengaruh komposisi agregat terhadap karakteristik beton aspal ditinjau dari nilai parameter *marshall*. Melihat latar belakang yang sudah dijelaskan maka dibuat beberapa rumusan masalah, bagaimana sifat-sifat agregat, aspal dan campuran korelasinya terhadap rancangan beton aspal. Penelitian ini memiliki manfaat untuk menginformasikan rancangan beton aspal kepada akademisi maupun praktisi dalam dunia konstruksi jalan.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Pada prosesnya akan dilakukan pemeriksaan baik bahan maupun campuran yang mengacu pada SNI dan AASTHO.

### a. Bahan pembentuk

- 1) Agregat yang meliputi, abu batu, batu split  $\frac{1}{2}$ " , batu split  $\frac{3}{4}$ " yang bersumber dari sungai gung di desa Danawarih kec. Balapulang Kab. Tegal;
- 2) Aspal pertamina pen. 60-70 dari PT. Karyagraha Bitumenjaya.

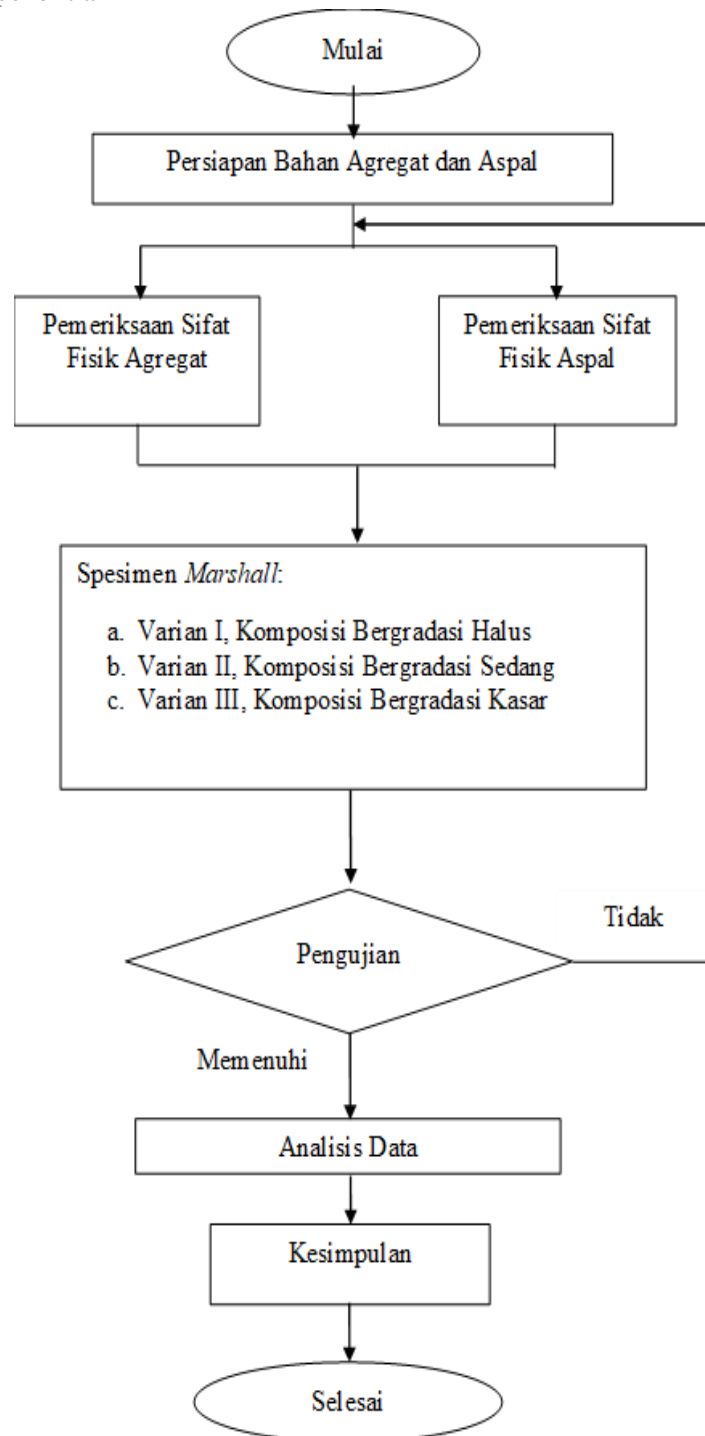
### b. Variabel penelitian

- 1) Variabel Terikat, variabel terikat dalam penelitian ini adalah jenis beton aspal laston lapis aus (AC-WC);
- 2) Variabel bebas dalam penelitian ini adalah AC-WC I komposisi halus, AC-WC II komposisi sedang, AC-WC III komposisi kasar.

### c. Metode pengumpulan data

Dalam mengumpulkan data-data penelitian dari bahan sampai pada campuran dilakukan pemeriksaan-pemeriksaan pada sifat agregat, aspal maupun campuran beton aspal yang selanjutnya di analisis nilai volumetric campuran, stabilitas dan kelelahan plastis. Studi Pustaka seperti buku-buku, standar uji, dan jurnal penelitian juga merupakan data-data dalam mendukung terselesaikannya penelitian ini.

d. Diagram alir penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Hasil pemeriksaan sifat fisik agregat

Hasil pemeriksaan sifat fisik agregat dari pemeriksaan berat jenis, absorpsi, tingkat keausan, gumpalan lempung dan nilai setara pasir masih memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Hasil disajikan pada table dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat

| No | Pemeriksaan  | Standar uji          | Persyaratan | Hasil          | Keterangan |
|----|--|----------------------|-------------|----------------|------------|
|    | Agregat kasar                                      |                      |             |                |            |
| 1  | Berat jenis kering<br>Agregat 1/2"<br>Agregat 3/4" | SNI<br>1969:2008     | $\geq 2,5$  | 2,575<br>2,601 | Terpenuhi  |
| 2  | Absorpsi<br>Agregat 1/2"<br>Agregat 3/4"           | SNI<br>1969:2008     | Maks. 3     | 1,929<br>1,883 | Terpenuhi  |
| 3  | Tingkat keausan                                    | SNI<br>2417:2008     | Maks. 40    | 32,81          | Terpenuhi  |
| 4  | Gumpalan lempung                                   | SNI<br>4141:2015     | Maks. 1     | 0,167          | Terpenuhi  |
|    | Agregat halus                                      |                      |             |                |            |
| 1  | Berat jenis kering                                 | SNI<br>1969:2008     | $\geq 2,5$  | 2,557          | Terpenuhi  |
| 2  | Absorpsi   | SNI<br>1969:2008     | Maks. 3     | 1,927          | Terpenuhi  |
| 3  | Nilai setara pasir                                 | SNI 03-<br>4428-1997 | Min. 50     | 69,23          | Terpenuhi  |
|    | Bahan pengisi                                      |                      |             |                |            |
| 1  | Berat jenis  | SNI 03-<br>3416-1994 | -           | 3,134          | Terpenuhi  |

#### 2. Hasil pemeriksaan sifat fisik aspal

Hasil pemeriksaan sifat fisik agregat dari pemeriksaan berat jenis, absorpsi, tingkat keausan, gumpalan lempung dan nilai setara pasir masih memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Hasil disajikan pada table dibawah ini :

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal

| No | Pemeriksaan | Standar uji          | Persyaratan | Hasil | Keterangan |
|----|-------------|----------------------|-------------|-------|------------|
| 1  | Penetrasi   | SNI 06-<br>2456-2011 | 60-70       | 63,7  | Terpenuhi  |
| 2  | Titiklembek | SNI                  | $\geq 48$   | 50    | Terpenuhi  |

|   |             |                  |            |       |           |
|---|-------------|------------------|------------|-------|-----------|
|   |             | 2434:2011        |            |       |           |
| 3 | Titik nyala | SNI<br>2433:2011 | $\geq 232$ | 320   | Terpenuhi |
| 4 | Daktilitas  | SNI<br>2432:2011 | $\geq 100$ | 122,8 | Terpenuhi |
| 5 | Berat jenis | SNI<br>2434:2011 | $\geq 1,0$ | 1,037 | Terpenuhi |

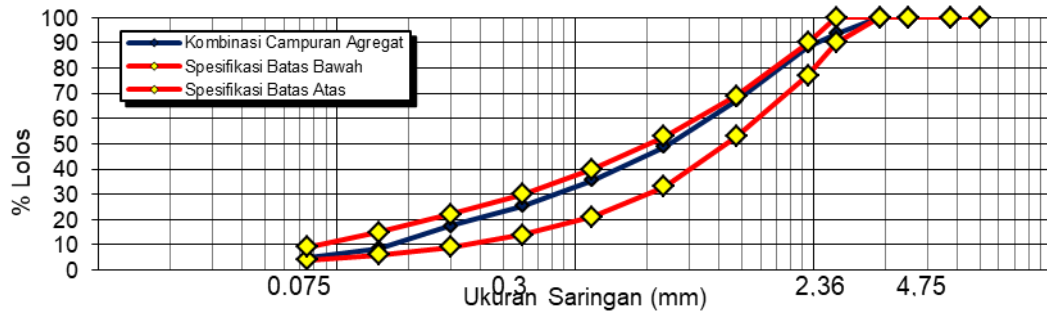
### 3. Gradasi agregat

Dari pemeriksaan analisis saringan masing-masing fraksi agregat kemudian didapat rancangan komposisi seperti tabel dan grafik dibawah ini :

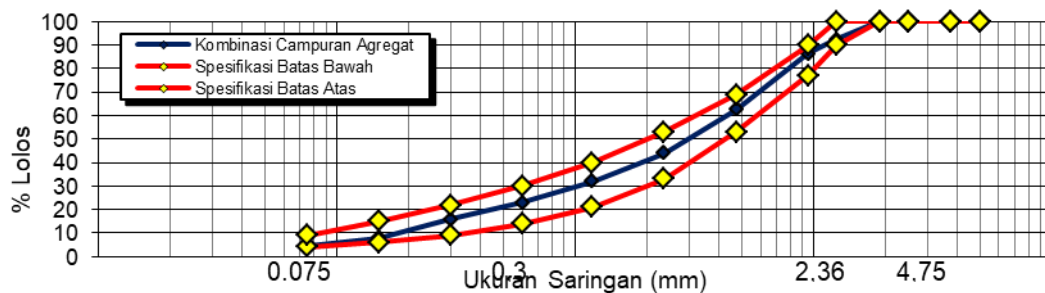
Tabel 3. Komposisi dan Gradasi Masing-Masing Campuran

| Ukuran saringan |             | Gradasi agregat fraksi |       |       |       | ACW<br>C I      | AC<br>WC II | ACW<br>C III | Spesifik<br>asi |
|-----------------|-------------|------------------------|-------|-------|-------|-----------------|-------------|--------------|-----------------|
| inchi           | mm          | 1                      | 2     | 3     | 4     |                 |             |              |                 |
| 2"              | 50          | 100                    | 100   | 100   | 100   | 100             | 100         | 100          | 100             |
| 1,5"            | 37,5        | 100                    | 100   | 100   | 100   | 100             | 100         | 100          | 100             |
| 1"              | 25          | 100                    | 100   | 100   | 100   | 100             | 100         | 100          | 100             |
| ¾"              | 19          | 100                    | 100   | 100   | 100   | 100             | 100         | 100          | 100             |
| ½"              | 12,5        | 100                    | 100   | 36,60 | 100   | 93,66           | 92,39       | 91,12        | 90-100          |
| 3/8"            | 9,50        | 100                    | 91,78 | 12,83 | 100   | 88,49           | 86,42       | 84,34        | 77-90           |
| No. 4           | 4,75        | 100                    | 32,81 | 1,20  | 100   | 67,28           | 62,61       | 57,95        | 53-69           |
| No. 8           | 2,36        | 84,37                  | 3,44  | 0,69  | 100   | 48,80           | 43,89       | 38,98        | 33-53           |
| No. 16          | 1,18        | 61,39                  | 1,17  | 0,61  | 100   | 35,61           | 31,98       | 28,36        | 21-40           |
| No. 30          | 0,60        | 42,72                  | 0,82  | 0,55  | 100   | 25,40           | 22,88       | 20,36        | 14-30           |
| No. 50          | 0,30        | 28,08                  | 0,68  | 0,46  | 99,18 | 17,43           | 15,78       | 14,13        | 9-22            |
| No. 100         | 0,15        | 12,00                  | 0,47  | 0,29  | 98,64 | 8,64            | 7,95        | 7,25         | 6-15            |
| No. 200         | 0,075       | 5,09                   | 0,32  | 0,16  | 98,00 | 4,83            | 4,54        | 4,25         | 4-9             |
|                 |             |                        |       |       |       | Rasio komposisi |             |              |                 |
| Rasio komposisi | 1. Abu batu |                        |       |       |       | 54%             | 48%         | 42%          |                 |

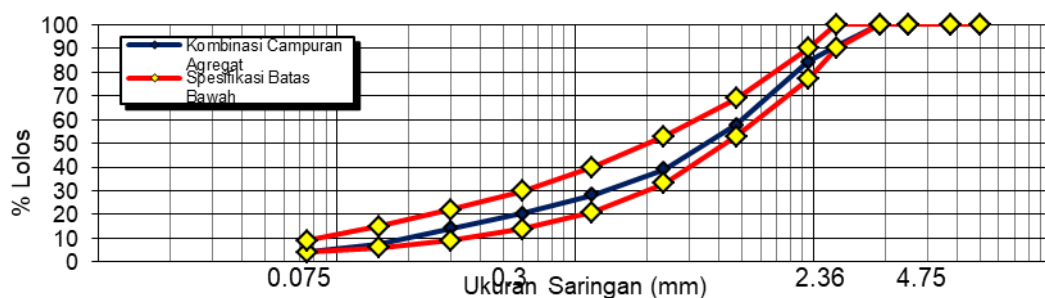
|         |                  |      |      |      |  |
|---------|------------------|------|------|------|--|
| agregat | 2. Batu split ½” | 34%  | 38%  | 42%  |  |
|         | 3. Batu split ¾” | 10%  | 12%  | 14%  |  |
|         | 4. Bahan pengisi | 2%   | 2%   | 2%   |  |
|         | Total            | 100% | 100% | 100% |  |



Gambar 2. Gradasi AC-WC I (Gradasi halus)



Gambar 3. Gradasi AC-WC II (Gradasi sedang)



Gambar 4. Gradasi AC-WC II (Gradasi kasar)

4. Nilai parameter *marshall* masing-masing komposisi campuran

Tabel 4. Nilai Parameter *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum

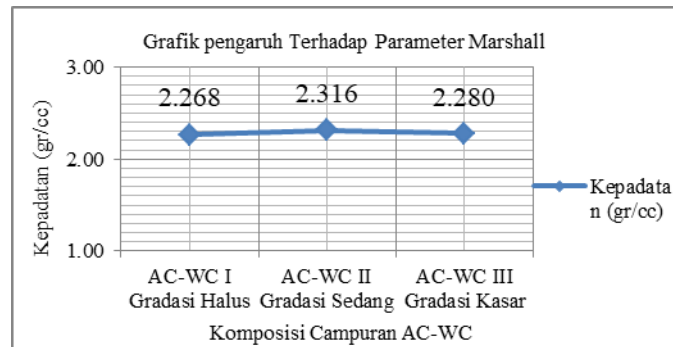
| Parameter <i>marshall</i> | Spesifikasi | AC-WC I<br>(Gardasi Halus) | AC-WC II<br>(Gardasi Sedang) | AC-WC III<br>(Gardasi Kasar) |
|---------------------------|-------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Kadar Aspal Optimum, %    | -           | 5,95                       | 5,90                         | 5,75                         |

|   |            |       |        |        |
|---|------------|-------|--------|--------|
| Kepadatan, gr/cc                            | -          | 2,268 | 2,316  | 2,280  |
| Rongga dalam mineral agregat <i>VMA</i> , % | $\geq 15$  | 17,40 | 15,68  | 16,70  |
| Rongga terisi aspal <i>VFA</i> , %          | $\geq 65$  | 76,85 | 73,80  | 74,00  |
| Rongga dalam campuran <i>VIM</i> , %        | 3-5        | 4,15  | 4,20   | 4,40   |
| Stabilitas, kg                              | $\geq 800$ | 880,0 | 1310,0 | 1110,0 |
| Kelelahan plastis <i>Flow</i> , mm          | 2-4        | 3,55  | 3,40   | 3,32   |
| Hasil bagi <i>marshall MQ</i> , kg/mm       | $\geq 250$ | 254,0 | 410,0  | 310,0  |

5. Pengaruh terhadap parameter *marshall*

a. Pengaruh pada nilai kepadatan

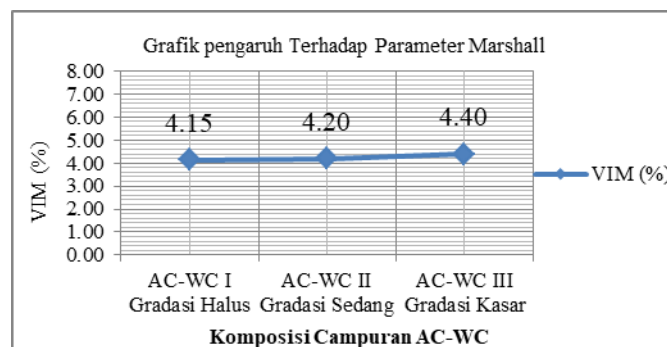
Dari grafik dibawah terlihat bahwa semakin tinggi proporsi agregat kasar pada campuran AC-WC maka nilai kepadatannya akan naik.



Gambar 5. Pengaruh pada nilai kepadatan

b. Pengaruh pada nilai *VIM*

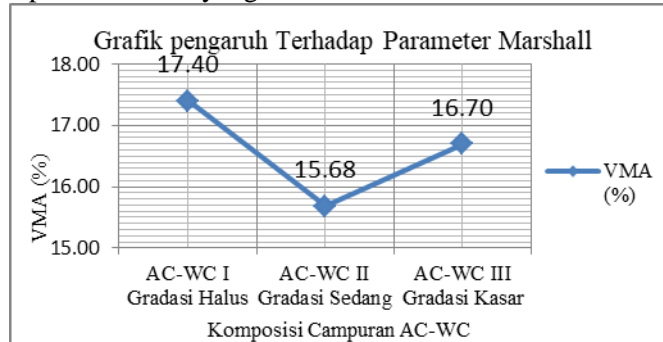
Dari hasil uji komposit AC-WC yang dituangkan dalam grafik terlihat bahwa campuran AC-WC yang lebih dominan agregat halus mempunyai rongga udara (*VIM*) yang lebih kecil dibandingkan campuran AC-WC yang banyak mengandung agregat kasarnya.



Gambar 6. Pengaruh pada nilai *VIM*

c. Pengaruh pada nilai *VMA*

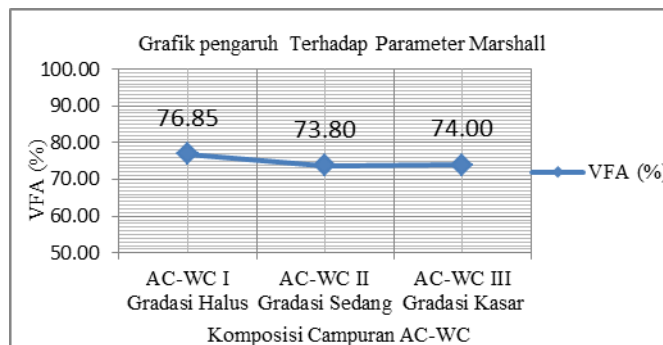
Dari grafik Rongga Diantara Mineral Agregat (*VMA*) menunjukkan bahwa komposisi campuran *AC-WC* yang lebih halus memiliki nilai *VMA* yang lebih tinggi dibandingkan komposisi campuran *AC-WC* yang lebih kasar.



Gambar 7. Pengaruh pada nilai VMA

d. Pengaruh pada nilai VFA

Dari grafik *VFA* dari masing-masing komposisi campuran *AC-WC* menunjukkan bahwa nilai *VFA* dari *AC-WC* dengan gradasi halus lebih tinggi dibandingkan dengan *AC-WC* dengan gradasi sedang dan kasar.

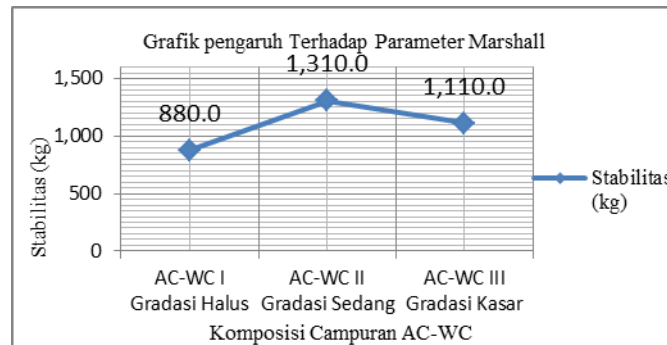


Gambar 8. Pengaruh pada nilai VFA

e. Pengaruh pada nilai stabilitas

Dari grafik dibawah menunjukkan bahwa nilai stabilitas komposisi campuran *AC-WC* dengan gradasi sedang memiliki nilai stabilitas paling tinggi dan *AC-WC* halus memiliki nilai stabilitas paling rendah.

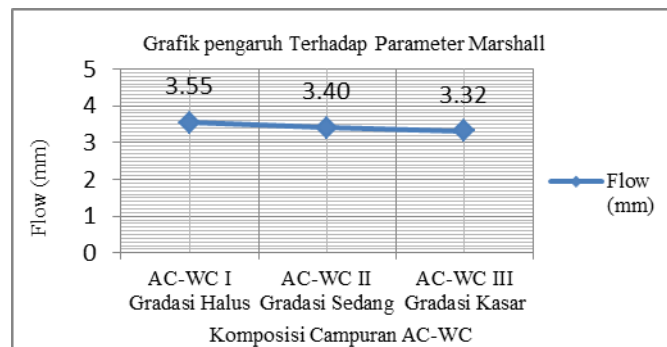




Gambar 9. Pengaruh pada nilai stabilitas

f. Pengaruh pada nilai kelelahan plastis

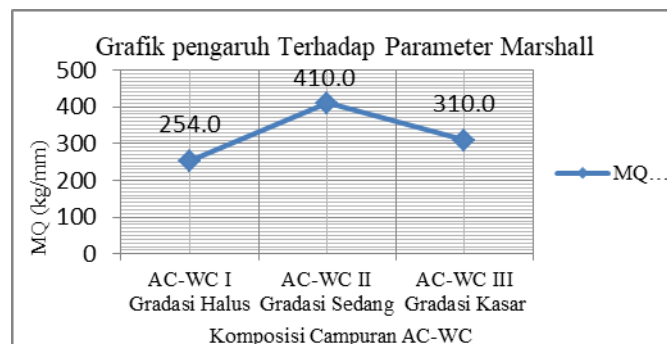
Dari grafik dibawah menunjukkan kenaikan nilai *flow* seiring dengan penambahan agregat halus pada komposisi campuran AC-WC.



Gambar 10. Pengaruh pada nilai kelelahan plastis

g. Pengaruh pada nilai hasil bagi *marshall*

Dari grafik dibawah menunjukkan AC-WC bergradasi sedang memiliki nilai *MQ* paling tinggi yaitu sebesar 410 kg/mm, untuk AC-WC dengan gradasi kasar dengan nilai *MQ* sebesar 310 kg/mm dan AC-WC dengan gradasi halus memiliki nilai *MQ* paling rendah yaitu 254 kg/mm.



Gambar 11. Pengaruh pada nilai hasil bagi *marshall*

#### 4. KESIMPULAN

- a. Material agregat yang berasal dari Sungai Gung di desa Danawarih Kecamatan Balapulang Kabupaten Tegal memiliki tingkat keausan sebesar 32,81%, hasil ini masih belum melampaui spesifikasi maksimal yang disyaratkan yaitu 40%. Selain itu dari fraksi-fraksi agregat tersebut memiliki tingkat distribusi gradasi agregat yang bisa digunakan sebagai rancangan agregat gabungan dalam pembuatan campuran beton aspal;
- b. Material aspal pertamina pen. 60-70 ex PT. Karyagraha Bitumenjaya Cilacap yang digunakan masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dan bisa menjadi bahan campur dalam pembuatan beton aspal;
- c. Dari hasil pemeriksaan dan analisis didapat untuk komposisi campuran AC-WC bergradasi halus didapat Kadar Aspal Optimum 5,95%, komposisi campuran AC-WC bergradasi sedang didapat Kadar Aspal Optimum 5,90% dan komposisi campuran AC-WC bergradasi kasar didapat Kadar Aspal Optimum 5,75% ;
- d. Dari karakteristik *marshall* yang didapat nilai kelelahan plastis (*flow*) dan rongga terisi aspal (VFA) semakin meningkat seiring bertambahnya penggunaan aspal. Dari masing-masing komposisi campuran memiliki nilai berat isi padat, stabilitas dan hasil bagi *marshall* (MQ) yang paling tinggi yaitu pada komposisi campuran AC-WC bergradasi sedang.

#### 5. SARAN

- a. Material agregat sebaiknya agar selalu bersih dari kotoran-kotoran dan lumpur supaya menghasilkan karakteristik campuran beton aspal yang maksimal;
- b. Melihat dari masing-masing komposisi campuran AC-WC memiliki perbedaan nilai stabilitas yang cukup signifikan maka sebaiknya untuk komposisi campuran AC-WC bergradasi sedang dan kasar digunakan untuk jalan dengan tingkat lalu lintas tinggi dan untuk komposisi campuran AC-WC bergradasi halus digunakan untuk jalan dengan tingkat beban yang lebih ringan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Efendy, A., & Ahyudanari, E., 2019, *Analisis Perbandingan Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk Perbedaan Gradasi (BBA, FAA dan BM)*. Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, 17(1), 7. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v17i1.4706>
- [2] Hermawan, O. H., 2018, *Pengaruh Perawatan Terhadap Kuat Tekan Beton*. 16(1), 1–7.
- [3] Kaseke, O. H., & Manoppo, M. R. E., 2015, *Kajian Kinerja Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Aspal Beton Sebagai Lapis Aus Bergradasi Kasar dan Halus*. Jurnal Sipil Statik, 3(3), 190–197.
- [4] Kaseke, O. H., & Manoppo, M. R. E., 2015, *Kajian Kinerja Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Aspal Beton Sebagai Lapis Aus Bergradasi Kasar dan Halus*. Jurnal Sipil Statik, 3(3), 190–197.
- [5] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, 2019, *Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 1)*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Revisi-1.

---

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- [6] Korua, W. J., Elisabeth, L., & Kaseke, O. H., 2015, *Kriteria Marshall Pada Campuran Lapis Aspal Beton-Lapis Antara Bergradasi Halus*. 3(12), 813–820.
- [7] Mirajhusnita, I., Santosa, T. H., & Hidayat, R., 2020, *Pemanfaatan Limbah B3 Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus Dalam Pembuatan Beton*. Engineering, 11(1), 24–33.
- [8] 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), 2–6. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i2.37874>
- [9] SNI.03-4428-1997, 1997, *Metode Pengujian Agregat Halus Atau Pasir Yang Mengandung Bahan Plastik Dengan Cara Setara Pasir*. In Jakarta. Pusjatan-Balitbang PU.
- [10] SNI 03-4141-1996, 1996, *Metode Pengujian Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah Dalam Agregat*. In Jakarta. Pusjatan-Balitbang PU.
- [11] SNI 06-2489-1991, 1991, *Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall*. In Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- [12] SNI 1969:2008, 2008, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. In Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- [13] SNI 1970:2008, 2008, *Standar Nasional Indonesia Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. In Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- [14] SNI 2417:2008, 2008, *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*.
- [15] SNI 2432:2011, 2011a, *Cara Uji Daktilitas Aspal*. In Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- [16] SNI 2432:2011, 2011b, *Cara Uji Penetrasi*. In Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- [17] SNI 2433:2011, 2011, *Cara Uji Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal dengan Alat Cleveland Open Cup*. In Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- [18] SNI 2434:2011, 2011, *Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball)*. In Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- [19] SNI 2441:2008, 2011, *Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras*. In Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- [20] SNI ASTM C136:2012, 2012, *Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (ASTM C 136-06 , IDT)*. In Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- [21] Sukirman, S., 2003, *Beton Aspal Campuran Panas* (Jakarta). Granit.
- [22] Sumiati, & Sukarman, 2014, *Influence of Aggregate Gradation on Asphalt Concrete Characteristic Value (AC-BC)*. Journal of Civil Engineering, 10(1), 85–91.
- [23] Suprpto, T.M., 2004, *Bahan dan Struktur Jalan Raya* (Yogyakarta). Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- [24] Syaifullah, 2016, *Variasi Komposisi Gradasi Batuan Terhadap Karakteristik Beton Aspal Dengan Uji Marshall. 1* (Pena Teknik), 163–174.

- [25] Tenriajeng, A.T., 1999, *Rekayasa Jalan Raya 2* (Depok). Gunadarma.
- [26] Weimintoro, Wibowo, H., & Ningrum, L. A., 2020, *Perbandingan Penggunaan Varian Pasir Eks. Cirebon-Pemali Dan Varian Eks. Cirebon- Gung Sebagai Agregat Halus Pada Beton Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton.*