



Terbit online pada laman web jurnal : <http://jurnal.sttp-yds.ac.id>

## SAINSTEK (e-Journal)

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Transportasi

# Analisa Kinerja Campuran AC-BC dengan Pemanfaatan Kombinasi Limbah Abu Serbuk Kayu dan Abu Bata Sebagai *Filler*

Angelica Tinambunan<sup>a</sup>, Alfian Malik<sup>b</sup>, Mardani Sebayang<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Tampan, Pekanbaru 28292, Indonesia

<sup>b</sup>Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Tampan, Pekanbaru 28292, Indonesia

<sup>c</sup>Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Tampan, Pekanbaru 28292, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 27 Januari 2020

Revisi Akhir: 07 September 2020

Diterbitkan Online: 31 Desember 2020

### KATA KUNCI

AC-BC

*Filler*

Abu serbuk kayu

Abu bata

### KORESPONDENSI

Telepon: +62 831-8383-4109

E-mail: [angelica.tinambunan@student.unri.ac.id](mailto:angelica.tinambunan@student.unri.ac.id)

### ABSTRACT

Lapis pengikat aspal beton terletak di antara lapisan permukaan dan lapisan bawah perkerasan lentur jalan raya. Laston merupakan campuran dari agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*). Semen *portland*, abu kapur dan abu terbang merupakan bahan pengisi yang sering digunakan pada perkerasan lentur jalan raya, namun bahan pengisi tersebut terbatas jumlahnya karena merupakan bahan yang tidak dapat diperbaharui. Pada penelitian ini dilakukan alternatif pengganti bahan pengisi yaitu limbah abu serbuk kayu dan abu bata yang memiliki senyawa kimia yang hampir menyerupai semen. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik *Marshall* terhadap campuran AC-BC. Penelitian ini dilakukan dengan mengkombinasikan limbah abu serbuk kayu dan abu bata dengan rasio 0:100, 3:97, 6:94. Setelah mendapatkan kadar aspal optimum untuk setiap rasio kombinasi bahan pengisi maka dilakukan pengujian *Marshall* untuk mendapatkan nilai *VIM*, *VMA*, *VFA*, stabilitas, kelelahan dan *Marshall Quotient*. Hasil uji karakteristik *Marshall* dari ketiga kombinasi telah memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018. Namun, stabilitas tertinggi dihasilkan oleh kombinasi bahan pengisi 6% abu serbuk kayu dan 94% abu bata, yaitu 1.187,45 kg. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase abu serbuk kayu yang digunakan maka nilai stabilitas juga mengalami kenaikan.

## 1. PENDAHULUAN

Lapisan perkerasan jalan terdiri dari bermacam-macam bahan penyusun, yaitu aspal, agregat, dan bahan pengisi (*filler*). *Filler* yang biasa digunakan adalah semen *portland*, abu kapur dan abu terbang (*fly ash*), namun *filler* tersebut terbatas jumlahnya karena merupakan bahan yang tidak dapat diperbaharui.

Mengingat jumlah *filler* yang terbatas maka perlu adanya alternatif penggunaan *filler* yang lebih ekonomis tetapi tidak mengurangi kekuatan dari perkerasan itu sendiri. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian karakteristik

*Marshall* dengan *filler* abu serbuk kayu dan abu bata. Abu serbuk kayu dapat dipakai sebagai *filler* karena memiliki kandungan silika yang tinggi yaitu sebesar 85% (Otoko & Honest, 2014), sedangkan abu bata memiliki kandungan silika sebesar 56,4% (Lourenco *et al.*, 2010).

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui stabilitas, kelelahan, rongga dalam campuran, rongga dalam agregat, rongga terisi aspal dan *marshall quotient* dalam campuran aspal AC-BC dengan kombinasi *filler* abu serbuk kayu dan abu bata, serta mengetahui komposisi kombinasi *filler* abu serbuk kayu dan abu bata paling baik pada aspal terhadap campuran yang memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga 2018.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan. Menurut Sukirman (1999), berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan komposit (*composite pavement*).

### 2.2. Lapis Aspal Beton Lapis Pengikat

Lapisan AC-BC adalah lapisan yang terletak di antara lapis aus dan lapis pondasi atas. Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya, yaitu *base* dan *sub grade* (tanah dasar). Beton aspal lapis antara (AC-BC) mempunyai ukuran maksimum agregat 25,4 mm.

### 2.3. Bahan Penyusun Laston Lapis Pengikat

Pembuatan aspal beton sebagai lapisan perkerasan harus memenuhi persyaratan dan spesifikasi yang telah ditentukan. Persyaratan bahan-bahan penyusun laston lapis pengikat dapat dilihat pada uraian berikut.

#### 2.3.1. Aspal

Aspal merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang diperoleh dari alam ataupun residu dari pengilangan minyak bumi (Ismadarni *et al.*, 2013). Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan pengikat yang kuat antara aspal dan agregat, serta antara aspal itu sendiri. Selain sebagai bahan pengikat, aspal juga berfungsi sebagai bahan pengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada pada agregat itu sendiri.

#### 2.3.2. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan (Balitbang PU, 1989). Agregat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) yaitu agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

#### 2.3.3. Abu Serbuk Kayu

Komponen utama abu kayu adalah kalsium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg), silika (Si). Penelitian kandungan silika pada abu serbuk kayu yang dilakukan oleh Ansori (2018) menghasilkan kandungan silika rata-rata sebesar 92,84%. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Otoko dan Honest (2014), abu serbuk kayu memiliki 85% silika sebagai komponen paling dominan.

Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Cahya *et al.* (2018) mengenai penggunaan abu serbuk kayu sebagai substitusi *filler* pada campuran laston lapis aus menghasilkan nilai stabilitas sebesar 1.056, 09 kg. Campuran tersebut terdiri dari 75% abu serbuk kayu dan 25% semen *portland*. Berdasarkan hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa penggunaan *filler* abu serbuk kayu menghasilkan nilai stabilitas yang masih memenuhi spesifikasi karakteristik *Marshall*.

#### 2.3.4. Abu Bata

Bahan dasar pembuatan batu bata ini adalah tanah liat. Tanah liat mengalami proses pembakaran dengan temperatur tinggi di atas 800°C hingga mengeras seperti batu.

Batu bata mengandung 56,4% silika dan 27,4% alumina (Lourenco *et al.*, 2010). Penggunaan silika dalam campuran beraspal dapat meningkatkan potensi stabilitas dan durabilitas pada campuran aspal (Lasmini & Arifin, 2009).

Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Esentia (2014) mengenai pengaruh penggantian sebagian *filler* semen dengan kombinasi 40% serbuk batu bata dan 60% abu cangkang lokan pada campuran *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) menghasilkan nilai stabilitas 924,454 kg dan nilai MQ sebesar 254,800 kg/mm. Campuran tersebut menggunakan 100% *filler* pengganti semen yang terdiri dari 40% serbuk batu bata dan 60% abu cangkang lokan. Nilai hasil uji karakteristik *marshall* tersebut menghasilkan hasil yang bagus, baik nilai stabilitas, *flow* maupun hasil bagi *marshall* atau *marshall quotient*.

## 3. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau. Penentuan campuran Laston Lapis Antara (AC-BC) dalam penelitian ini menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berkaitan dengan pengujian aspal beton sebagai standar pelaksanaannya.

Penelitian yang diuji pada campuran *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) adalah *Marshall test*. Penelitian ini menggunakan kombinasi *filler* abu serbuk kayu dan abu bata sebanyak 3 kombinasi yaitu 0:100, 3:97, 6:94.

### 3.1. Persiapan Bahan

Material yang digunakan dalam penelitian adalah

1. Aspal penetrasi 60/70
2. Agregat kasar dan agregat halus berasal dari Pangkalan Koto Baru, Provinsi Sumatera Barat.
3. *Filler* yang dikombinasikan, yaitu abu serbuk kayu berasal dari limbah olahan kayu CV. Riyo Bersaudara di Jalan Naga Sakti, Kota Pekanbaru,

Provinsi Riau. dan abu bata berasal dari limbah batu bata Perumahan Arengka Unigarden, Jalan Selamat, Air Hitam, Kota Pekanbaru.

4. Air bersih.

### 3.2. *Persiapan Peralatan*

Semua peralatan yang dibutuhkan untuk penelitian ini tersedia di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau.

### 3.3. *Pengujian Bahan Penyusun Campuran Aspal*

Adapun pengujian yang akan dilakukan (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018), antara lain :

#### 3.3.1. *Agregat*

Pengujian yang dilakukan pada agregat kasar adalah

1. Analisa saringan, mengacu pada SNI 03-1968-1990.
2. Berat jenis dan peyerapan agregat kasar, mengacu pada SNI 03-1969-2016.
3. Sifat kekekalan agregat dengan cara perendaman menggunakan larutan *Natrium Sulfat* atau *Magnesium Sulfat*, mengacu pada SNI 3407:2008.
4. Ketahanan aus agregat kasar dengan mesin *Los Angeles*, mengacu pada SNI 2417:2008.
5. Kelekatan agregat terhadap aspal, mengacu pada SNI 2439:2011.
6. Penentuan persentase butir pecah pada agregat kasar, mengacu pada SNI 7619:2012.
7. Indeks kepipihan dan kelonjongan, mengacu pada ASTM D4791-10.
8. Material lolos saringan no. 200, mengacu pada SNI ASTM C117:2012.

Pengujian yang dilakukan pada agregat halus adalah :

1. Analisa saringan, mengacu pada SNI 03-1968-1990.
2. Berat jenis dan peyerapan agregat halus, mengacu pada SNI 03-1970-2016.
3. Setara pasir (*sand equivalent*), mengacu pada SNI 03-4428-1997.
4. Angularitas dengan kadar rongga, mengacu pada SNI 03-6877-2002.
5. Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah, mengacu pada SNI 03-4141-1996.
6. Material lolos saringan no. 200, mengacu pada SNI ASTM C117:2012.

#### 3.3.2. *Aspal*

Pengujian yang dilakukan pada aspal penetrasi 60/70 adalah

1. Penetrasi aspal, mengacu pada SNI 06-2456-2011.
2. Titik lembek aspal, mengacu pada SNI 06-2434-2011.
3. Titik nyala dan titik bakar aspal, mengacu pada SNI 06-2433-2011.

4. Kehilangan berat aspal, mengacu pada SNI 06-2440-1991.
5. Berat jenis aspal, mengacu pada SNI 06-2441-2011.
6. Viskositas aspal, mengacu pada SNI 06-6441-2000.

#### 3.3.3. *Bahan Pengisi (Filler)*

Pengujian yang akan dilakukan untuk melihat karakteristik abu bata dan abu sekam padi adalah sebagai berikut:

1. Lolos saringan no. 200, mengacu pada SNI 03-4142-1996 atau SNI ASTM C136:2012
2. Berat jenis, mengacu pada SNI 15-2531-1991.

### 3.4. *Rancangan Campuran (Mix Design) Aspal Beton*

Komposisi dan jumlah pembuatan benda uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi dan Jumlah Pembuatan Benda Uji

| Kadar Aspal (%) | Perbandingan Antara Filler Abu Serbuk kayu dan Filler Abu Bata |        |        | Jumlah Sampel (buah) |
|-----------------|----------------------------------------------------------------|--------|--------|----------------------|
|                 | 0 : 100                                                        | 3 : 97 | 6 : 94 |                      |
| (Pb-1)          | 3                                                              | 3      | 3      | 9                    |
| (Pb-0,5)        | 3                                                              | 3      | 3      | 9                    |
| Pb              | 3                                                              | 3      | 3      | 9                    |
| (Pb+0,5)        | 3                                                              | 3      | 3      | 9                    |
| (Pb+1)          | 3                                                              | 3      | 3      | 9                    |
| KA0             | 3                                                              | 3      | 3      | 9                    |
| Total           |                                                                |        |        | 54                   |

Catatan : Pb = Kadar Aspal Rencana

### 3.5. *Metode Marshall*

Setelah semua pemeriksaan agregat memenuhi spesifikasi, langkah selanjutnya yaitu melakukan rancangan campuran (*mix design*) untuk mendapatkan komposisi agregat kasar, agregat medium, agregat halus, *filler* dan kadar aspal optimum.

#### 3.5.1. *Persiapan Benda Uji*

Membersihkan bahan-bahan yang akan digunakan kemudian keringkan dalam oven pada suhu 110° C selama 24 jam dan memanaskan aspal.

Setelah itu, pisahkan agregat dan *filler* ke dalam fraksi-fraksi yang dikehendaki dan menimbang agregat. Kemudian, bersihkan cetakan benda uji lalu buat alas benda uji sesuai dengan diameter cetakan. Sebelum penuangan, bagian dalam cetakan dilapisi oli agar benda uji tidak melekat dengan cetakan dan mempermudah pengeluaran benda uji dari cetakan.

#### 3.5.2. *Pembuatan Benda Uji*

Pencampuran benda uji dilakukan dengan memanaskan wadah pencampur beserta agregat. Kemudian menuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat

kekentalan dan dengan suhu pencampuran ideal sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan; kemudian mengaduk dengan cepat sampai agregat terselimuti aspal secara merata.

### 3.5.3. Pemadatan Benda Uji

Setelah campuran aspal tercampur merata di atas suhu 110° C, lalu campuran dipindahkan ke dalam cetakan yang telah dilapisi kertas saring pada bagian dasarnya dan ditusuk-tusuk pada pinggir cetakan dan bagian tengah cetakan yang telah terisi campuran. Kemudian memadatkan campuran dengan temperatur yang disesuaikan dengan kekentalan aspal, dengan jumlah tumbukan 75 kali pada sisi atas dan bawah..

### 3.5.4. Perawatan Benda Uji

Benda uji yang telah dipadatkan kemudian dikeluarkan dari cetakan dengan *extruder* dan rendam benda uji selama kurang lebih 1 hari.

### 3.5.5. Pengujian Marshall Standar

Pengujian *Marshall* merupakan pengujian yang dilakukan untuk menentukan karakteristik suatu campuran beraspal yang dapat dilihat dari nilai stabilitas, kelelahan (*flow*) dan *Marshall Quotient (MQ)*. Sebelum melakukan pengujian *Marshall*, benda uji yang telah direndam selama 1 hari kemudian direndam dalam bak perendaman selama 30 menit dengan temperatur tetap 60°C ± 1°C.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Pengujian Bahan Penyusun AC-BC

#### 4.1.1. Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60/70. Hasil pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

| Sifat-sifat Material yang Diuji             | Standar Uji      | Satuan  | Hasil Uji | Spesifikasi |      |
|---------------------------------------------|------------------|---------|-----------|-------------|------|
|                                             |                  |         |           | Min         | Maks |
| Penetrasi, 25 °C, 100 gram, 5 detik         | SNI 2456:1991    | Dmm     | 69,70     | 60          | 70   |
| Penetrasi, (Setelah TFOT)                   | SNI 2456:1991    | %       | 94,943    | 54          |      |
| Titik Lembek ( <i>Softening Point</i> )     | SNI 2434:2011    | °C      | 57,85     | 48          |      |
| Titik Nyala degan <i>Cleveland Open Cup</i> | SNI 2433:2011    | °C      | 295       | 232         |      |
| Berat Jenis                                 | SNI 2441:2011    |         | 1,023     | 1,0         |      |
| Kehilangan Berat ( <i>TFOT</i> )            | SNI-06-2440-1991 | % berat | 0,235     |             | 0,8  |

| Sifat-sifat Material yang Diuji               | Standar Uji      | Satuan | Hasil Uji | Spesifikasi |      |
|-----------------------------------------------|------------------|--------|-----------|-------------|------|
|                                               |                  |        |           | Min         | Maks |
| Viskositas                                    |                  |        |           |             |      |
| Suhu pemadatan ideal                          | AASHTO T 72-90   | °C     | 146       |             |      |
| Suhu pemadatan Min 250°C                      |                  | °C     | 148       | 135         | 155  |
| Suhu pemadatan Max 310°C                      |                  | °C     | 144       |             |      |
| Suhu pencampuran ideal (viskositas = 170 cSt) |                  | °C     | 154       | 149         | 160  |
| Suhu pencampuran Min 150°C                    | AASHTO T 54-61   | °C     | 156       |             |      |
| Suhu pencampuran Max 190°C                    |                  | °C     | 152       |             |      |
| Viskositas Kinematis 135°C                    | SNI 06-6441-2000 | °C     | 510       | 300         |      |

#### 4.1.2. Hasil Pengujian Agregat

Agregat yang diuji dalam penelitian ini adalah agregat kasar lolos saringan 1" (25 mm) sampai tertahan saringan no. 4 (4,75 mm), agregat sedang lolos saringan no. 4 (4,75 mm) sampai tertahan saringan no. 200 (0,075 mm) dan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 200. Hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3 dan hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar

| Pengujian                                     | Standar                           | Hasil Pengujian    | Spesifikasi |       |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------|-------|
|                                               |                                   |                    | Min         | Maks  |
| Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (%) | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>   | SNI                | -           | 12    |
|                                               | MgSO <sub>4</sub>                 | 3407:2008          | 1,138       | 18    |
| Abrasi dengan mesin Los Angeles (%)           | Campuran AC Modifikasi            | 100 putaran        | -           | 6     |
|                                               |                                   | 500 putaran        | -           | 30    |
|                                               | Semua jenis AC bergradasi lainnya | 100 putaran        | -           | 8     |
|                                               |                                   | 500 putaran        | 30,152      | 40    |
| Kelekatan aspal (%)                           | agregat terhadap aspal            | SNI 2439:2011      | 96,923      | 95    |
| Butir pecah kasar (%)                         | pada agregat                      | SNI 7619:2012      | 100         | 95/90 |
| Partikel pipih dan lonjong (%)                |                                   | ASTM D4791         | 6,617       | 10    |
|                                               |                                   | Perbanding an 1: 5 |             |       |
| Material lolos ayakan (%)                     | no. 200                           | SNI ASTM C117:2012 | 0,303       | 1     |

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Halus

| Pengujian                                                        | Standar          | Hasil Pengujian | Spesifikasi |      |
|------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|-------------|------|
|                                                                  |                  |                 | Min         | Maks |
| Nilai setara pasir (%)                                           | SNI 03-4428-1997 | 74,091          | 50          |      |
| Angularitas dengan uji kadar rongga (%)                          | SNI 03-6877-2002 | 45,219          | 45          |      |
| Gumpalan lempung dan butir - butir mudah pecah dalam agregat (%) | SNI 03-4141-1996 | 0,089           |             | 1    |
| Material lolos ayakan no. 200 (%)                                | ASTM C117:2012   | 9,703           |             | 10   |

#### 4.1.3. Hasil Pengujian Filler

Filler yang digunakan pada penelitian ini adalah abu serbuk kayu dan abu bata. Pengujian bahan filler dilakukan dengan dua cara ,yaitu pengujian saringan no. 200 dan pengujian berat jenis. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Karakteristik Filler

| Jenis Pemeriksaan      | Standar            | Syarat (%) | Hasil (%)       |          |
|------------------------|--------------------|------------|-----------------|----------|
|                        |                    |            | Abu Serbuk Kayu | Abu Bata |
| Lolos saringan no. 200 | SNI ASTM C136:2012 | 75         | 100             | 100      |
| Berat jenis            | SNI 15-2531-1991   | -          | 1,815           | 2,308    |

Untuk hasil pengujian berat jenis, abu serbuk kayu memiliki nilai berat jenis yang lebih rendah daripada abu bata. Hal ini menunjukkan pada jumlah berat yang sama abu serbuk kayu memiliki volume yang lebih besar dari pada abu bata.

#### 4.2. Proporsi Bahan Penyusun AC-BC

Proporsi bahan penyusun AC-BC terdiri dari proporsi agregat, kadar aspal rencana, serta proporsi agregat dan filler pada setiap variasi kadar aspal rencana.

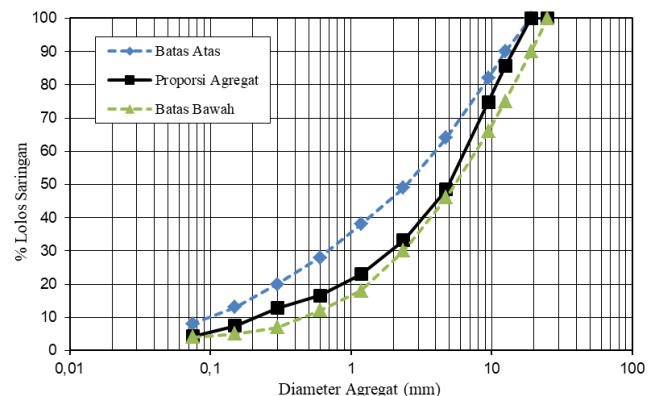
##### 4.2.1. Proporsi Fraksi Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gradasi atau distribusi ukuran butiran agregat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas suatu perkerasan.

Penelitian ini menggunakan beberapa fraksi agregat di antaranya adalah fraksi agregat kasar, medium, abu batu dan filler berupa abu serbuk kayu dan abu bata yang digabungkan menjadi satu campuran. Untuk proporsi agregat yang digunakan pada campuran dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Proporsi Agregat

| Nomor Saringan |        | Gradasi Masing-fraksi (Persentasi Lolos Saringan) |          |          |          |        | Spesifikasi Lolos Saringan |            |
|----------------|--------|---------------------------------------------------|----------|----------|----------|--------|----------------------------|------------|
|                |        | Fraksi 1                                          | Fraksi 2 | Fraksi 3 | Fraksi 4 | Jumlah | Batas Bawah                | Batas Atas |
| mm             | Inch   | 19%                                               | 28%      | 49%      | 4%       | 100%   |                            |            |
| 25             | 1"     | 19,00                                             | 28,00    | 49,00    | 4,00     | 100,00 | 100                        | 100        |
| 19             | 3/4"   | 19,00                                             | 28,00    | 49,00    | 4,00     | 100,00 | 90                         | 100        |
| 12,5           | 1/2"   | 4,61                                              | 28,00    | 49,00    | 4,00     | 85,61  | 75                         | 90         |
| 9,5            | 3/8"   | 0,51                                              | 21,24    | 49,00    | 4,00     | 74,76  | 66                         | 82         |
| 4,75           | No.4   | 0,10                                              | 0,08     | 44,25    | 4,00     | 48,44  | 46                         | 64         |
| 2,36           | No.8   | 0,09                                              | 0,06     | 29,02    | 4,00     | 33,18  | 30                         | 49         |
| 1,18           | No.16  | 0,08                                              | 0,06     | 18,80    | 4,00     | 22,95  | 18                         | 38         |
| 0,6            | No.30  | 0,08                                              | 0,05     | 12,39    | 4,00     | 16,52  | 12                         | 28         |
| 0,3            | No.50  | 0,07                                              | 0,05     | 8,66     | 4,00     | 12,77  | 7                          | 20         |
| 0,15           | No.100 | 0,03                                              | 0,03     | 3,39     | 4,00     | 7,46   | 5                          | 13         |
| 0,075          | No.200 | 0,00                                              | 0,00     | 0,24     | 4,00     | 4,25   | 4                          | 8          |



Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat AC-BC

##### 4.2.2. Perkiraan Kadar Aspal Rencana

Berikut adalah perhitungan penentuan kadar aspal rencana yang mengacu pada gradasi agregat yang digunakan

$$\% \text{ Agregat Kasar} = 100\% - 33,18\% = 66,82\%$$

$$\% \text{ Agregat Halus} = 33,18\% - 4,25\% = 28,93\%$$

$$\% \text{ Filler} = 4,25\%$$

$$Pb = 0,035 \times (\%CA) + 0,045 \times (\%FA) + 0,18 \times (\text{Filler}) + C \quad (1)$$

$$Pb = 0,035 \times (66,82\%) + 0,045 \times (28,93\%) + 0,18 \times (4,25\%) + 1$$

$$Pb = 5,405\%$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai kadar aspal rencana adalah 5,405% atau sekitar 5,50% dari berat total campuran agregat. Kemudian ditentukan nilai variasi kadar aspal untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) adalah 4,5%;55,5% ; 6% dan 6,5%. Banyaknya aspal yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kadar Aspal untuk Benda Uji

| Kadar Aspal (%)              | 4,5 | 5  | 5,5 | 6  | 6,5 |
|------------------------------|-----|----|-----|----|-----|
| Berat dalam 1 Benda Uji (gr) | 54  | 60 | 66  | 72 | 78  |

#### 4.3. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran AC-BC

Hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk komposisi *filler* yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* untuk Mencari KAO

| Sifat -<br>Sifat<br>Material<br>Yang Diuji<br>(Nilai Rata<br>- Rata) | Kadar<br>Aspal<br>(%) | Hasil Pengujian<br>Campuran Aspal<br>Variasi Filler |          |          | Spesifikasi |      |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|----------|----------|-------------|------|
|                                                                      |                       | 0 : 100                                             | 3 : 97   | 6 : 94   | Min         | Maks |
| % Rongga Dalam Mineral Agregat (VMA) , %                             | 4,5                   | 16,084                                              | 16,956   | 18,172   |             |      |
|                                                                      | 5,0                   | 16,655                                              | 17,645   | 16,779   |             |      |
|                                                                      | 5,5                   | 16,746                                              | 16,644   | 16,174   | 14          |      |
|                                                                      | 6,0                   | 17,320                                              | 16,756   | 16,729   |             |      |
|                                                                      | 6,5                   | 17,696                                              | 17,186   | 17,079   |             |      |
| % Rongga Dalam Campuran (VIM) , %                                    | 4,5                   | 6,936                                               | 7,906    | 9,258    |             |      |
|                                                                      | 5,0                   | 6,415                                               | 7,531    | 6,562    |             |      |
|                                                                      | 5,5                   | 5,354                                               | 5,242    | 4,712    | 3           | 5    |
|                                                                      | 6,0                   | 4,837                                               | 4,193    | 4,166    |             |      |
|                                                                      | 6,5                   | 4,095                                               | 3,505    | 3,386    |             |      |
| % Rongga Terisi Aspal (VFA), %                                       | 4,5                   | 56,922                                              | 53,434   | 49,055   |             |      |
|                                                                      | 5,0                   | 61,491                                              | 57,396   | 60,896   |             |      |
|                                                                      | 5,5                   | 68,034                                              | 68,593   | 70,876   | 65          |      |
|                                                                      | 6,0                   | 72,232                                              | 75,047   | 75,303   |             |      |
|                                                                      | 6,5                   | 76,890                                              | 79,637   | 80,234   |             |      |
| <i>Marshall</i><br>Quotient,<br>Kg/mm                                | 4,5                   | 331,85                                              | 337,56   | 345,39   |             |      |
|                                                                      | 5,0                   | 343,76                                              | 367,75   | 333,74   |             |      |
|                                                                      | 5,5                   | 296,33                                              | 332,68   | 358,32   | 250         |      |
|                                                                      | 6,0                   | 287,33                                              | 293,83   | 311,74   |             |      |
|                                                                      | 6,5                   | 255,33                                              | 278,54   | 286,24   |             |      |
| Stabilitas<br>(Dengan<br>Kalibrasi<br>Alat), Kg                      | 4,5                   | 1.227,90                                            | 1.304,64 | 1.277,56 |             |      |
|                                                                      | 5,0                   | 1.358,81                                            | 1.444,59 | 1.173,73 |             |      |
|                                                                      | 5,5                   | 1.101,50                                            | 1.164,70 | 1.304,64 | 800         |      |
|                                                                      | 6,0                   | 1.087,95                                            | 1.214,36 | 1.218,87 |             |      |
|                                                                      | 6,5                   | 1.024,75                                            | 1.137,61 | 1.169,21 |             |      |
| Kelelahan<br>(Flow), mm                                              | 4,5                   | 3,567                                               | 3,633    | 3,433    |             |      |
|                                                                      | 5,0                   | 3,800                                               | 3,700    | 3,433    |             |      |
|                                                                      | 5,5                   | 3,600                                               | 3,367    | 3,500    | 2           | 4    |
|                                                                      | 6,0                   | 3,633                                               | 3,967    | 3,800    |             |      |
|                                                                      | 6,5                   | 3,867                                               | 3,933    | 4,000    |             |      |

Dari Tabel 8 kemudian diplot dalam grafik untuk mendapatkan KAO pada Tabel 9.

Tabel 9. Kadar Aspal Optimum

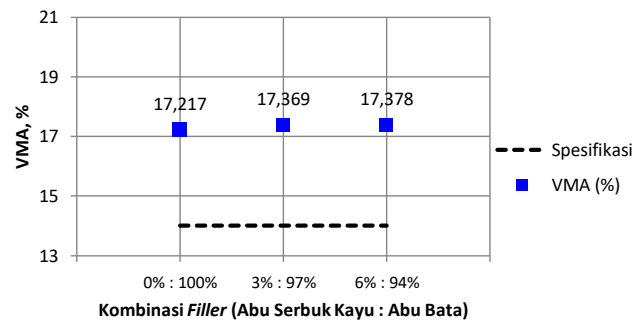
| Kombinasi <i>filler</i> abu<br>serbuk kayu dan abu bata | 0%:100% | 3%:97% | 6%:94% |
|---------------------------------------------------------|---------|--------|--------|
| KAO                                                     | 6,170%  | 6,100% | 5,975% |

#### 4.4. Pengujian Marshall pada Kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO)

Setelah diperoleh nilai KAO, selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji pada ketiga komposisi *filler*, yaitu 0:100, 3:97 dan 6:94. Setelah itu, dilakukan pengujian *Marshall* kembali untuk melihat karakteristik *Marshall* yang meliputi VMA, VIM, VFA, stabilitas, *flow* dan MQ

##### 4.4.1. Voids of Material Aggregate (VMA)

Nilai VMA menyatakan rongga udara yang terdapat di antara partikel agregat dalam campuran yang sudah dipadatkan, termasuk ruang yang berisi aspal dan dinyatakan sebagai persen volume total. Hasil pengujian VMA dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan VMA dengan Kombinasi Filler

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai VMA untuk semua kombinasi *filler* berada di atas nilai yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu 14%. Nilai VMA pada komposisi *filler* 0:100 sebesar 17,217% mengalami kenaikan 0,878% pada komposisi *filler* 3:97. Sedangkan pada komposisi *filler* 6:94, nilai VMA mengalami kenaikan sebesar 0,932% dari komposisi *filler* 0:100.

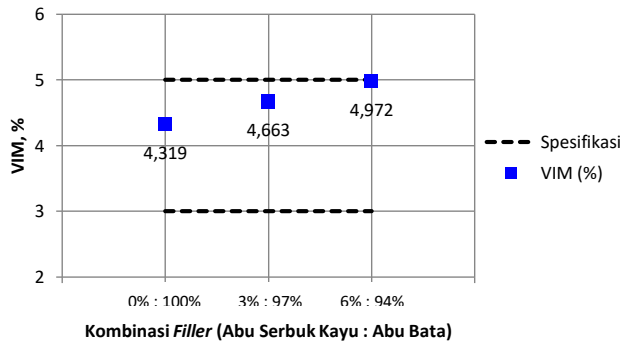
Kenaikan nilai VMA pada benda uji dengan komposisi *filler* 3:97 dan 6:94 dipengaruhi oleh nilai kadar aspal yang lebih kecil jika dibandingkan dengan benda uji pada komposisi *filler* 0:100. Dapat pula diakibatkan oleh kualitas pemadatan yang kurang baik sehingga menghasilkan benda uji dengan rongga yang cukup besar namun masih memenuhi spesifikasi.

##### 4.4.2. Voids in Mixture (VIM)

VIM adalah persentase rongga yang terdapat dalam total campuran setelah dipadatkan. VIM dibutuhkan untuk mengetahui persentase volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal dipadatkan.

Nilai VIM yang besar menunjukkan bahwa rongga pada benda uji besar sehingga campuran menjadi kurang rapat yang dapat menyebabkan air dan udara mudah memasuki

rongga-rongga dalam campuran. Hasil pengujian *VIM* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan *VIM* dengan Kombinasi *Filler*

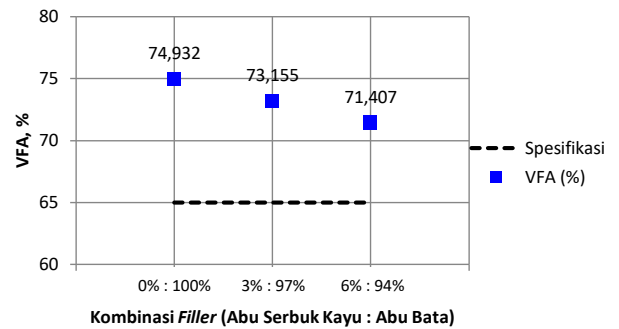
Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai *VIM* pada masing-masing kombinasi *filler* berada di atas spesifikasi yang disyaratkan yaitu sebesar 3% - 5%. Pada komposisi *filler* 0:100 nilai *VIM* yang dihasilkan sebesar 4,319%. Nilai *VIM* mengalami kenaikan sebesar 7,970% pada kombinasi *filler* 3:97 terhadap *filler* 0:100 menjadi 4,663%. Nilai *VIM* pada kombinasi *filler* 6:94 mengalami kenaikan 15,121% terhadap komposisi *filler* 0:100 menjadi 4,972%. Nilai *VIM* mengalami kenaikan seiring dengan banyaknya persentase *filler* abu serbuk kayu yang terdapat dalam campuran.

Jika ditinjau dari kadar aspal, semakin bertambahnya kadar aspal akan membuat nilai *VIM* suatu campuran semakin menurun. Hal ini dikarenakan kadar aspal yang tinggi dapat lebih banyak mengisi rongga-rongga yang terdapat dalam campuran sehingga pori pada campuran menjadi semakin sedikit.

Nilai *VIM* yang rendah mampu meningkatkan keawetan atau durabilitas suatu campuran beraspal. Namun, jika nilai *VIM* di bawah batas spesifikasi dapat menyebabkan terjadinya *bleeding*, yaitu keluarnya aspal dari campuran akibat beban yang diterima perkerasan.

#### 4.4.3. Voids Filled with Asphalt (VFA)

*VFA* merupakan persentase rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Semakin tinggi nilai *VFA* menandakan semakin banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga campuran menjadi lebih kedap air dan udara. Nilai *VFA* yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama. Hasil pengujian *VFA* dapat dilihat pada Gambar 4.



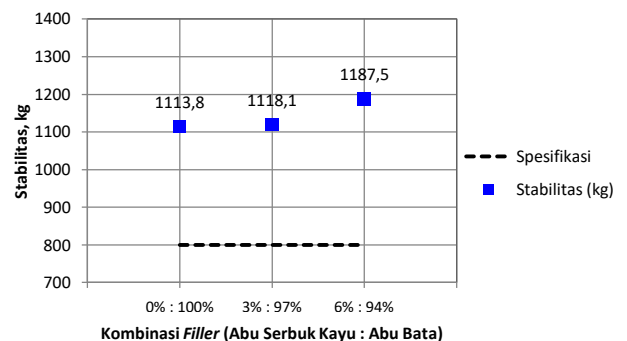
Gambar 4. Grafik Hubungan *VFA* dengan Kombinasi *Filler*

Pada campuran dengan kombinasi *filler* 0:100 kadar aspal yang digunakan sebesar 6,170%, di mana kadar aspal ini merupakan kadar aspal paling tinggi. Hal ini mengakibatkan persentase rongga terisi aspal pada campuran menjadi lebih besar dan menyebabkan tingginya nilai *VFA*.

Jika ditinjau dari komposisi *filler*, penurunan terjadi pada campuran dengan kombinasi *filler* 3:97 dan 6:94 dibandingkan campuran dengan *filler* 0:100 karena aspal yang terserap oleh *filler* abu serbuk kayu mengakibatkan rongga terisi aspal (*VFA*) pada campuran menjadi kecil. Namun, saat penggunaan *filler* abu bata tanpa abu serbuk kayu pada campuran, nilai *VFA* lebih tinggi dari nilai *VFA* dengan kombinasi *filler* lainnya. Hal ini disebabkan oleh karakteristik dari abu batu bata yang tidak menyerap aspal.

#### 4.4.4. Stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan suatu campuran untuk dapat menahan suatu deformasi yang diakibatkan oleh suatu beban. Stabilitas dibutuhkan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan perkerasan untuk menahan beban lalu lintas tanpa menimbulkan perubahan yang tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Untuk hasil pengujian stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kombinasi *Filler*

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada kombinasi *filler* berada di atas spesifikasi yang disyaratkan yaitu sebesar 800 kg. Stabilitas paling rendah

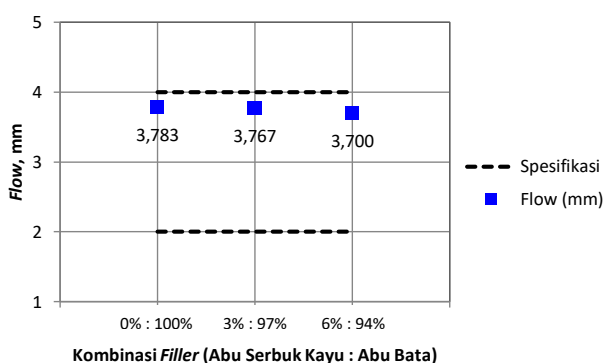
dihasilkan oleh campuran dengan kombinasi *filler* 0:100 yaitu sebesar 1.113,8 kg. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi *filler* 0:100 menghasilkan benda uji yang lebih lunak tetapi masih berada di atas spesifikasi.

Pada kombinasi *filler* 3:97 terjadi kenaikan sebesar 0,389% dari campuran dengan kombinasi *filler* 0:100 menjadi 1.118,1 kg. Benda uji paling kaku dihasilkan oleh stabilitas tertinggi yaitu benda uji dengan kombinasi *filler* 6:94. Benda uji tersebut mengalami kenaikan 6,615% terhadap campuran dengan *filler* 0:100 menjadi 1.187,5 kg.

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya komposisi *filler* abu serbuk kayu maka semakin bertambah nilai stabilitas yang dihasilkan sehingga dapat disimpulkan bahwa *filler* pengganti yaitu abu bata dan abu serbuk kayu menghasilkan nilai stabilitas yang lebih baik dari pada campuran dengan *filler* abu bata saja. Nilai stabilitas yang tinggi mengakibatkan konstruksi perkerasan jalan semakin kuat dan getas sehingga dapat memikul beban lalu lintas yang lebih berat.

#### 4.4.5. Kelelahan (Flow)

Kelelahan merupakan besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun. Nilai *flow* menunjukkan tingkat kekakuan suatu perkerasan. Nilai *flow* yang tinggi akan membuat perkerasan bersifat plastis, hal ini akan mengakibatkan perkerasan akan mudah berubah bentuk apabila dibebani. Sebaliknya, nilai *flow* yang kecil cenderung menghasilkan perkerasan yang kaku dan getas. Hal ini akan mengakibatkan perkerasan akan mudah retak. Hasil pengujian *flow* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan *Flow* dengan Kombinasi *Filler*

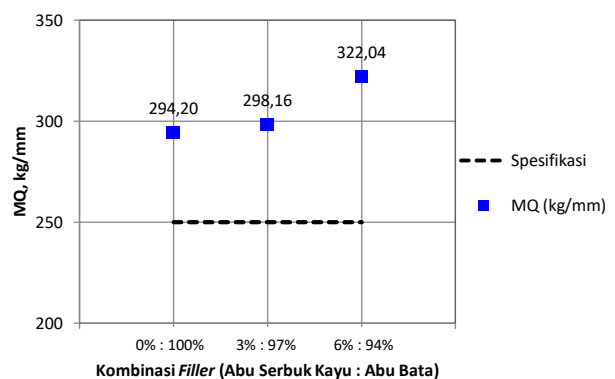
Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai *flow* pada setiap campuran dengan kombinasi *filler* yang berbeda memenuhi syarat dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dengan batasan yaitu antara 2 mm hingga 4 mm untuk campuran AC-BC. Nilai *flow* pada campuran dengan kombinasi *filler* 0:100 mencapai 3,783 mm.

Penurunan nilai *flow* sebesar 0,441% terjadi pada campuran dengan kombinasi *filler* 3:97, yaitu sebesar 3,767 mm. Nilai *flow* untuk campuran dengan kombinasi *filler* 6:94 mengalami penurunan 2,203% terhadap kombinasi *filler* 0:100, yaitu sebesar 3,700 mm.

Nilai *flow* juga dipengaruhi oleh nilai kadar aspal pada setiap campuran. Kadar aspal paling tinggi yaitu 6,170% menjadi salah satu bahan penyusun campuran dengan kombinasi *filler* 0:100 dan kadar aspal paling rendah yaitu 5,975% menjadi salah satu bahan penyusun campuran dengan kombinasi *filler* 6:94 justru mengalami penurunan nilai *flow* karena kadar aspal juga mengalami penurunan. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan pengurangan kadar aspal mengakibatkan nilai *flow* yang juga ikut mengalami penurunan.

#### 4.4.6. Marshall Quotient

Nilai *MQ* menunjukkan sifat kekakuan pada suatu perkerasan. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Hubungan antara nilai *MQ* dengan variasi *filler* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hubungan *MQ* dengan Kombinasi *Filler*

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai *MQ* pada setiap campuran dengan kombinasi *filler* yang berbeda memenuhi syarat dalam spesifikasi umum yang ditetapkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu 250 kg/mm. Nilai *MQ* pada campuran dengan kombinasi *filler* 0:100 mencapai 294,2 kg/mm. Pada campuran dengan kombinasi *filler* 3:97 mengalami kenaikan sebesar 1,346% terhadap campuran dengan kombinasi *filler* 0:100 menjadi 298,2 kg/mm. Nilai *MQ* tertinggi terdapat pada komposisi *filler* 6:94 yang mengalami kenaikan sebesar 9,464% terhadap campuran dengan kombinasi *filler* 0:100 menjadi 322 kg/mm.

Kenaikan nilai *MQ* dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow* pada campuran. Stabilitas yang besar dan *flow* yang kecil menghasilkan campuran yang getas dan mudah retak.

Sebaliknya, stabilitas yang kecil dan *flow* yang besar menghasilkan campuran yang lembek dan mudah berubah bentuk jika terbebani beban.

#### 4.5. Rekapitulasi Perubahan Nilai Karakteristik Marshall

Nilai karakteristik *Marshall* yang diperoleh pada tiap kombinasi *filler* mengalami kenaikan dan penurunan yang dipengaruhi oleh penggantian *filler* standar, yaitu dengan *filler* abu bata dan abu serbuk kayu yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Rekapitulasi Perubahan Karakteristik *Marshall* dengan *Filler* Abu Serbuk Kayu dan Abu Bata

| Karakteristik Marshall    | Kombinasi Filler Abu Serbuk Kayu dan Abu Bata |                        |                        |
|---------------------------|-----------------------------------------------|------------------------|------------------------|
|                           | 0:100                                         | 3:97                   | 6:94                   |
| VMA                       | 17,217                                        | 17,369<br>(+ 0,878%)   | 17,378<br>(+ 0,932%)   |
| VIM                       | 4,319                                         | 4,663<br>(+ 7,970%)    | 4,972<br>(+ 15,121%)   |
| VFA                       | 74,932                                        | 73,155<br>(- 2,371%)   | 71,407<br>(- 4,703%)   |
| Stabilitas                | 1.113,78                                      | 1.118,11<br>(+ 0,389%) | 1.187,45<br>(+ 6,615%) |
| Kelelahan ( <i>Flow</i> ) | 3,783                                         | 3,767<br>(- 0,441%)    | 3,700<br>(- 2,203%)    |
| Marshall Quotient         | 294,20                                        | 298,16<br>(+ 1,346%)   | 322,04<br>(+ 9,464%)   |

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan pemanfaatan kombinasi limbah abu serbuk kayu dan abu bata sebagai *filler* terhadap kinerja campuran AC-BC dapat disimpulkan bahwa

1. *Filler* 0%:100% memiliki nilai stabilitas 1.113,78 kg, kelelahan 3,783 mm, *VIM* 4,319%, *VMA* 17,217%, *VFA* 74,932% dan *MQ* 294,20 kg/mm. *Filler* 3%:97% memiliki nilai stabilitas 1.118,11 kg, kelelahan 3,767 mm, *VIM* 4,663%, *VMA* 17,369%, *VFA* 73,155% dan *MQ* 298,16 kg/mm. *Filler* 6%:94% memiliki nilai stabilitas 1.187,45 kg, kelelahan 3,700 mm, *VIM* 4,972%, *VMA* 17,378%, *VFA* 71,407% dan *MQ* 322,04 kg/mm. Ketiga kombinasi tersebut memiliki nilai stabilitas di atas 800 kg, kelelahan antara 2-4 mm, *VIM* antara 3%-5%, *VMA* di atas 14%, *VFA* di atas 65% dan *MQ* di atas 250 kg/mm yang berarti telah memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018.
2. Kombinasi *filler* 6%:94% adalah kombinasi terbaik di antara ketiga kombinasi *filler* karena memiliki nilai stabilitas paling tinggi di antara ketiga kombinasi tersebut yaitu sebesar 1187,450 kg. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi *filler* 6:94 memiliki karakteristik perkerasan yang bersifat kuat

dan getas sehingga dapat memikul beban lalu lintas yang lebih berat. Perkerasan ini juga cocok digunakan untuk daerah dengan kondisi cuaca yang panas.

### 5.2. Saran

Untuk penyempurnaan hasil penelitian serta untuk mengembangkan penelitian yang lebih lanjut disarankan untuk melakukan penelitian dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Penelitian mengenai sifat kimia abu serbuk kayu dan abu bata.
2. Penelitian mengenai durabilitas dan pengujian lainnya pada penggunaan *filler* abu serbuk kayu dan abu bata yang berkaitan dengan campuran beraspal dapat dilakukan.
3. Penelitian mengenai persentase *filler* abu serbuk kayu dan abu bata yang berbeda dapat dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ambarwati, Lasmini., & Arifin, M. Z. "Campuran Hot Rolled Sheet (HRS) dengan Material Piropilit Sebagai Filler yang Tahan Hujan Asam." *Jurnal Rekayasa Sipil*, Volume 3 No.1, 2009, Pages 17-28. <http://rekayasasipil.ub.ac.id/index.php/rs/article/view/136>
- [2] Ansori, Muhammad. "Pengaruh Penambahan Abu Serbuk Kayu terhadap Kuat Tekan, Porositas dan Beban Impact Paving Block". B.Eng Thesis, Universitas Mataram, Mataram, 2018.
- [3] Cahya, C. Y., et. al. "Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Filler pada Campuran Laston Lapis Aus." *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan (JARSP)*, Volume 1(4), October 2018, Pages 61-68. <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JARSP/article/download/12456/10004>
- [4] Esentia, A. "Pengaruh Penggantian Sebagian Filler Semen dengan Kombinasi 40% Serbuk Batu Bata dan 60% Abu Cangkang Lokan pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)". B.Eng Thesis, Universitas Bengkulu, Bengkulu, 2014.
- [5] Ismadarni et. al. "Karakteristik Beton Aspal Lapis Pengikat (AC-BC) yang Menggunakan Bahan Pengisi (Filler) Abu Sekam Padi." *MEKTEK TAHUN XV NO. 2*, 2013, Pages 93-102. <https://media.neliti.com/media/publications/157573-ID-karakteristik-beton-aspal-lapis-pengikat.pdf>
- [6] Lourenco, P. B., Fernandes et. al. "Handmade Clay Bricks : Chemical, Physical and Mechanical Properties." *International Journal Architectural Heritage*, Volume 4(1), January 2010, Pages 38-58. [www.researchgate.net/publication/232880241\\_Hand](http://www.researchgate.net/publication/232880241_Hand)

made\_Clay\_Bricks\_Chemical\_Physical\_and\_Mechanical\_Properties

- [7] Otoko, G. R., & Honest, B. K. (2014). "Stabilization of Nigerian Deltaic Laterites with Saw Dust Ash." *International Journal of Scientific Research and Management*, Volume 2 Issue 8, August 2014, Pages 1287-1292.  
<https://www.researchgate.net/publication/266265661>
- [8] Pustran Balitbang PU. *SNI 03-1737-1989 Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya*. Jakarta: Pustran Balitbang PU, 1989.
- [9] Sukirman. (November 1999). *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. (Edisi ke-3). [Online]. Available:  
[www.academia.edu/37821794/Dasar\\_-\\_Dasar\\_Perencanaan\\_Geometrik\\_Jalan\\_Silvia\\_Sukirman](http://www.academia.edu/37821794/Dasar_-_Dasar_Perencanaan_Geometrik_Jalan_Silvia_Sukirman) [May 2019]

## NOMENKLATUR

- C = Koefisien untuk Laston = 0,5 - 1
- CA = *Course Aggregate*, agregat dari saringan terbesar sampai dengan tertahan saringan no. 8
- FA = *Fine Aggregate*, agregat yang lolos saringan no. 8 sampai dengan tertahan saringan no. 200
- Pb = Kadar Aspal Rencana