

## Karakteristik Campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar dengan Bahan Tambah Kadar Ban Bekas

Diki Bangngalino<sup>\*1</sup>, Rais Rachman<sup>\*2</sup>, Alpius<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia [dikibangngalino@gmail.com](mailto:dikibangngalino@gmail.com) <sup>\*1</sup>

<sup>\*2\*3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia [rais.rachman@gmail.com](mailto:rais.rachman@gmail.com) <sup>\*2</sup> dan [alpiusnini@gmail.com](mailto:alpiusnini@gmail.com) <sup>\*3</sup>

Corresponding Author : [dikibangngalino@gmail.com](mailto:dikibangngalino@gmail.com)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Karakteristik campuran *Stone Matrix Asphalt* kasar dengan penambahan kadar ban bekas, serta mengetahui pengaruh penambahan kadar ban bekas pada campuran *Stone Matrix Asphalt* kasar, yang menggunakan agregat dari Sungai Sa'dan Kecamatan Sesean Toraja Utara. Metode dalam penelitian ini yaitu *Marshall* Konvensional untuk mendapatkan karakteristik *Stone Matrix Asphalt* kasar. Hasil pengujian karakteristik agregat, karakteristik aspal, serta berat jenis *Filler* memenuhi persyaratan untuk material perkerasan jalan. Pengujian karakteristik campuran *Stone Matrix Asphalt* kasar yaitu Stabilitas, *Flow*, VIM dan VMA, semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dengan batasan minum 90%.

**Kata kunci :** SMA, Ban Bekas, Karakteristik campuran, *Marshall Test*

### ABSTRACT

*This study aims to determine the characteristics of a mixture of coarse Stone Matrix Asphalt with the addition of used rubber, as well as to determine the effect of adding prohibited rubber to a mixture of coarse Stone Matrix Asphalt, which uses aggregates from the Sa'dan River, Sesean District, North Toraja. The method in this study is Marshall Conventional to obtain the characteristics of Coarse Asphalt Matrix Stone. The test results of characteristics, asphalt characteristics, and specific gravity of the filler meet the requirements for road pavement materials. The results of the mixed characteristics of the Coarse Asphalt Stone Matrix, namely Stability, Flow, VIM and VMA, all meet the General Specifications of Highways 2018 with a minimum limit of 90%.*

**Keywords:** SMA, Rubber Tires, Characteristics, *Marshall Test*

### PENDAHULUAN

Ban bekas adalah ban yang sudah tidak digunakan dan disimpan atau dibuang di tempat penbuangan sampah. Ban bekas ini tidak dapat hancur maupun menyatu dengan tanah sehingga dapat dikatakan menjadi limbah yang membutuhkan daur ulang [1]-[2]-[3]. Biasanya upaya yang dilakukan untuk menanggulangi ban bekas adalah dengan cara pembakaran, namun upaya tersebut menimbulkan dampak negatif yaitu polusi yang berdampak berbahaya bagi lingkungan sekitar. Usaha yang dilakukan untuk menangani dan mengolah limbah terutama kadar ban bekas yaitu dengan menggunakannya sebagai bahan campuran aspal modifikasi [4]. Pencampuran kadar ban bekas sendiri diharapkan dapat memperbaiki kinerja aspal terutama kekakuan

aspal. Pada umumnya aspal modifikasi merupakan campuran aspal dengan bahan *polymer* saja, namun tidak menutup kemungkinan juga untuk mencampurkan bahan-bahan lain yang dapat memperbaiki sifat-sifat pada aspal [5]-[6] yang dapat meningkatkan daya cengkram saat pengereman. Pengujian karakteristik campuran dan stabilitas perlu dilakukan agar dapat diketahui sampai dimana kemampuan suatu campuran menerima beban dengan memanfaatkan limbah ban bekas serta mengetahui sifat-sifat yang dimiliki oleh campuran sehingga dapat menciptakan suatu inovasi baru secara khusus pada pengujian *Stone Matrix Asphalt*. *Stone Matrix Asphalt* merupakan jenis beton aspal dengan kandungan agregat kasar  $\pm 70\%-80\%$  dan *filler*  $\pm 11\%$ , campuran SMA lebih tahan terhadap deformasi, mempunyai *skid resistance* tinggi karena kadar agregat kasarnya besar dan mempunyai kecenderungan lebih tahan lama, karena kadar aspalnya tinggi dan distabilisasi dengan serat selulosa, sehingga dapat melayani kendaraan berat dengan lebih baik [7]-[8]. SMA terdiri dari dua jenis campuran yaitu SMA kasar dan SMA halus. Pada penelitian ini campuran yang digunakan adalah SMA kasar. Spesifikasi yang digunakan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018 [9]. Beberapa peneliti yang menggunakan ban bekas sebagai campuran aspal panas antara lain, Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Bahan Tambah Limbah Ban Bekas [4]. Pengaruh Limbah Kadar Ban Sebagai Campuran Aspal terhadap Karakteristik Marshall pada jenis Perkerasan Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) Kelas B [10]. Analisis Penggunaan Limbah Kadar Ban Bekas pada Campuran Aspal dengan Metode Marshall [11].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui Karakteristik campuran *Stone Matrix Asphalt* kasar dengan penambahan kadar ban bekas, serta mengetahui pengaruh penambahan kadar ban bekas pada campuran *Stone Matrix Asphalt* kasar, yang menggunakan agregat dari Sungai Sa'dan Kecamatan Sesean Toraja Utara.

## METODOLOGI

### 1. Lokasi Pengambilan Material

#### a. Agregat

Pengambilan material dilakukan dengan menggunakan alat manual, seperti linggis dan sekop serta wadahnya karung. Agregat kasar diperoleh dari Sungai Sa'dan Kabupaten Toraja Utara. Pemanfaatan material ini sebagai acuan penggunaan material lokal.



Gambar 1. Lokasi pengambilan agregat

#### b. Kadar Ban Bekas

Kadar ban bekas yang di gunakan ialah kadar ban dalam yang di peroleh dari salah satu bengkel kendaraan roda dua yang ada di kota Makassar tepatnya di jalan Biring Romang, jenis kadar ban bekas yang digunakan

adalah kadar ban dalam. Sebelum di uji kadar ban bekas terlebih dahulu dibersihkan dan diparut sehingga menjadi bubuk kadar ban bekas, yang kemudian diuji di laboratorium jalan dan aspal UKI Paulus Makassar.

## 2. Karakteristik Bahan Karakteristik Aspal

Karakteristik aspal yang digunakan dalam penelitian ini Komposisi Campuran Untuk SMA Kasar. Komposisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan komposisi campuran dari penelitian sebelumnya ) “Karakteristik Campuran SMA Kasar Menggunakan Batu Sungai Sa’dan Kecamatan Sesean Toraja Utara”. Dimana komposisi campuran terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal sebagai bahan pengikat. Namun dalam penelitian ini penulis menambahkan kadar ban bekas sebagai bahan tambah dengan variasi penambahan 1%, 2%, 3%, 4%, 5% dalam komposisi campuran *Stone Matrix Asphalt* (SMA).

Tabel 1. Gradasi Agregat *Stone Matrix Asphalt* (SMA) Kasar

| Ukuran saringan |        | Lolos Saringan  |   |     |                      |
|-----------------|--------|-----------------|---|-----|----------------------|
| Inchi           | Mm     | Spesifikasi (%) |   |     | Gradasi Campuran (%) |
| 1½”             | 37,500 |                 |   |     |                      |
| ¾”              | 19,000 | 90              | - | 100 | 95                   |
| ½”              | 12,500 | 50              | - | 88  | 69                   |
| 3/8”            | 9,500  | 25              | - | 60  | 42,5                 |
| No.4            | 4,750  | 20              | - | 28  | 24                   |
| No.8            | 2,360  | 16              | - | 24  | 20                   |
| No.16           | 1,180  |                 | - |     |                      |
| No.30           | 0,600  |                 | - |     |                      |
| No.50           | 0,300  |                 | - |     |                      |
| No.100          | 0,150  |                 |   |     |                      |
| No.200          | 0,075  | 8               | - | 11  | 9,5                  |

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 2018

## 3. Perhitungan Perkiraan Kadar Aspal SMA Kasar

Kadar aspal untuk campuran *Stone Matrix Asphalt* (SMA) kasar adalah 6%-7 % , namun dalam penelitian ini digunakan kadar aspal efektif 6% agar biaya yang dikeluarkan untuk aspal lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan kadar aspal efektif diatas dari 6 % (Penghematan Biaya). Kadar aspal 6% ini digunakan untuk mengetahui karakteristik *Marshall* dengan menggunakan proporsi kadar ban bekas sebagai bahan tambah 1%; 2%; 3%; 4%; dan 5%.

## 4. Komposisi Campuran dengan Bahan Tambah Kadar Ban Bekas

Berdasarkan perhitungan kebutuhan bahan campuran dan penambahan kadar ban bekas di peroleh komposisicampuran SMA kasar sebagai berikut:

Tabel 2. Perhitungan Benda Uji dengan Penambahan kadar ban bekas

| Kadar Kadar        | 1%      | 2%      | 3%      | 4%      | 5%     |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Agregat Kasar (gr) | 870,84  | 870,84  | 870,84  | 870,84  | 870,84 |
| Agregat Halus (gr) | 153,42  | 153,42  | 153,42  | 153,42  | 153,42 |
| Semen              | 103,71  | 103,71  | 103,71  | 103,71  | 103,71 |
| Serat kadar        | 0,72    | 1,44    | 2,16    | 2,88    | 3,6    |
| Aspal (gr)         | 72,00   | 72,00   | 72,00   | 72,00   | 72,00  |
| Total Berat (gr)   | 1200,72 | 1201,44 | 1202,16 | 1202,88 | 1203,6 |

## 5. Pembuatan Benda Uji

Campuran SMA kasar menggunakan bahan yang memenuhi standar spesifikasi yaitu gradasi yang berdasarkan pada Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2018. Bahan yang diperlukan harus lulus uji kemudian bahan campuran disiapkan sesuai dengan komposisi (*Mix Design*) yang diperoleh. Dalam pengujian ini digunakan sampel sebanyak 18 buah.

Tabel 3. Perancangan Benda Uji Campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar

| Kadar Aspal (%) | Kadar Serat Fiber (%) | Marshall Konvensional | Marshall Immersion |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| 6               | 1                     | 3                     | 3                  |
|                 | 2                     | 3                     |                    |
|                 | 3                     | 3                     |                    |
|                 | 4                     | 3                     |                    |
|                 | 5                     | 3                     |                    |
| Total           |                       | 15                    | 3                  |
| 11              |                       |                       |                    |

Sumber : Hasil Perhitungan di Laboratorium

## ANALISIS DATA

### 1. Analisis Karakteristik Berdasarkan Pengujian Marshall Konvensional

a. Hasil perhitungan *Bulk Specific Gravity* dan *Effective Specific Gravity*

Benda uji campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar dibuat dengan variasi proporsi limbah ban bekas yaitu : 1%; 2%; 3%; 4%; dan 5%. Hasil perhitungan *Bulk Specific gravity* dan *effective gravity* dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. *Bulk Specific Gravity* Campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar

| <i>Specific Gravity</i>                   | Proporsi Kadar ban bekas (%) |      |      |      |      |
|-------------------------------------------|------------------------------|------|------|------|------|
|                                           | 1                            | 2    | 3    | 4    | 5    |
| <i>Bulk Specific Gravity</i> Agrerat      | 2,77                         | 2,77 | 2,77 | 2,77 | 2,77 |
| <i>Effective Specific Gravity</i> Agrerat | 2,82                         | 2,82 | 2,82 | 2,82 | 2,82 |

### 2. Hasil Pengujian Marshall karakteristik Beton Aspal

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* karakteristik campuran SMA Kasar dapat dilihat pada Tabel 5 bawah ini:

Tabel 5. Hasil pengujian karakteristik Marshall Campuran SMA Kasar

| Kadar              | Min 750    | 4-5 (%) | 2-4,5 (mm) | Min 17 |
|--------------------|------------|---------|------------|--------|
| Kadar BanBekas (%) | Stabilitas | VIM     | Flow       | VMA    |
| 1                  | 1327,78    | 5,060   | 3,10       | 18,80  |
|                    | 1307,50    | 4,981   | 3,15       | 18,73  |
|                    | 1287,23    | 4,901   | 3,20       | 18,66  |
| 2                  | 1500,08    | 4,787   | 2,85       | 18,56  |
|                    | 1469,68    | 4,708   | 2,90       | 18,49  |
|                    | 1449,40    | 4,628   | 2,80       | 18,42  |
| 3                  | 1530,49    | 4,753   | 2,25       | 18,53  |

| Kadar     | Min 750    | 4-5 (%) | 2-4,5 (mm) | Min 17 |
|-----------|------------|---------|------------|--------|
| Kadar     | Stabilitas | VIM     | Flow       | VMA    |
| Ban       |            |         |            |        |
| Bekas (%) |            |         |            |        |
|           | 1500,08    | 4,673   | 2,20       | 18,46  |
|           | 1489,95    | 4,594   | 2,30       | 18,39  |
|           | 1489,95    | 4,639   | 2,55       | 18,43  |
| 4         | 1469,68    | 4,364   | 2,50       | 18,19  |
|           | 1439,27    | 4,479   | 2,45       | 18,29  |
|           | 1469,68    | 4,123   | 3,00       | 17,98  |
| 5         | 1439,27    | 4,283   | 3,10       | 18,12  |
|           | 1429,13    | 4,203   | 2,95       | 18,05  |

## B. Analisis terhadap Stabilitas

Hasil Pengujian analisis terhadap Stabilitas dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 2 di bawah ini :

Tabel 6 .Nilai Stabilitas Pengujian Karakteristik Marshall SMA

| Kadar Kadar<br>BanBekas<br>(%) | 1,00         | 2,00    | 3,00    | 4,00    | 5,00    |
|--------------------------------|--------------|---------|---------|---------|---------|
|                                | 1327,78      | 1500,08 | 1530,49 | 1489,95 | 1469,68 |
| Stabilitas                     | 1307,50      | 1469,68 | 1500,08 | 1469,68 | 1439,27 |
|                                | 1287,23      | 1449,40 | 1489,95 | 1439,27 | 1429,13 |
| Rata-Rata                      | 1307,50      | 1473,05 | 1506,84 | 1466,30 | 1446,03 |
| Persyaratan                    | Min 800 (kg) |         |         |         |         |



Gambar 2. Grafik Hubungan Stabilitas dengan Proporsi Kadar Ban Bekas

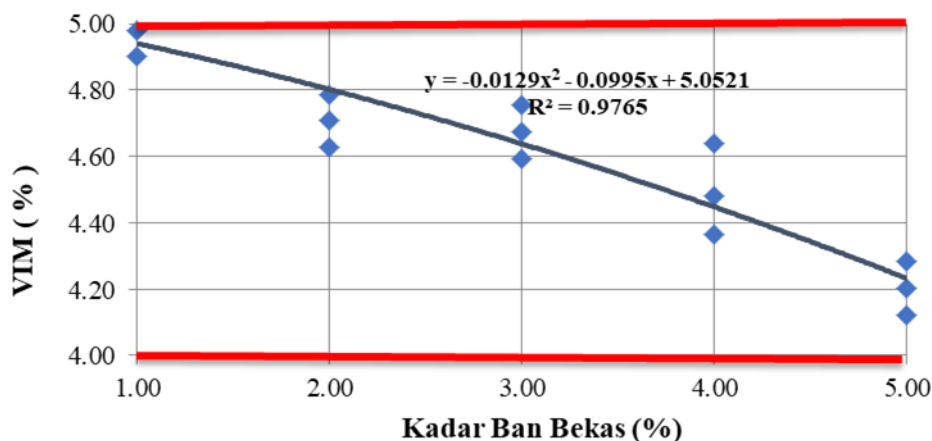
Standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 yang dikeluarkan bahwa nilai stabilitas *Stone Matrix Asphalt* Mod minimum 750 kg, sedangkan nilai yang didapat dari hasil pengujian di laboratorium untuk proporsi campuran penambahan *Kadar ban bekas* 1%-5% memenuhi standar.

## C. Analisa terhadap VIM (Void in Mix)

Hasil pengujian analisis terhadap VIM dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 3 di bawah ini :

Tabel 7. Nilai VIM Dari Pengujian Karakteristik Marshall SMA Kasar

| Kadar Kadar BanBekass (%) | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 5,00 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|
| VIM                       | 5,06 | 4,79 | 4,75 | 4,64 | 4,12 |
|                           | 4,98 | 4,71 | 4,67 | 4,36 | 4,28 |
|                           | 4,90 | 4,63 | 4,59 | 4,48 | 4,20 |
| Rata-Rata                 | 4,98 | 4,71 | 4,67 | 4,49 | 4,20 |
| 4 - 5 (%)                 |      |      |      |      |      |



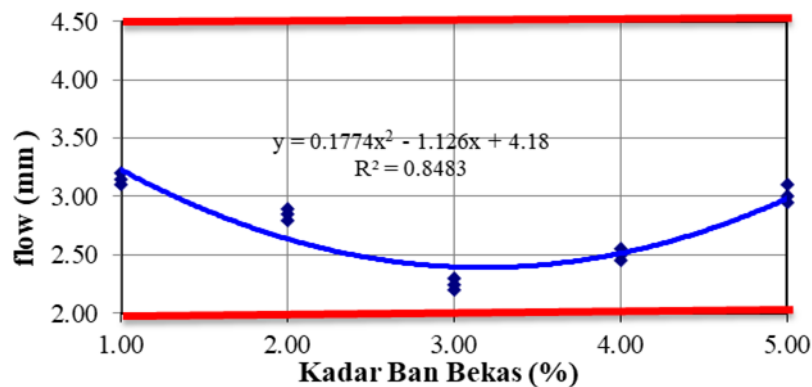
Gambar 3. Grafik Hubungan VIM dengan Proporsi kadar ban bekas

Dengan menambahkan *Kadar ban bekas* 1% - 5% pada Campuran *Stone Matrix Asphalt* kasar diperoleh nilai VIM (Rongga dalam campuran yang tidak terisi aspal) antara 4,98-4,20 mengalami penurunan sebesar 0,78% yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Dapat dilihat pada grafik hubungan antar VIM terhadap kadar ban bekas gambar 8 menunjukkan bahwa, VIM menurun dengan ditamhkan kadar ban bekas, dimana kadar ban bekas 1% dengan VIM (4,98%), jika ditambahkan kadar ban bekas 2% dengan VIM (4,71%) maka VIM akan terus menurun sampai pada kadar ban bekas 3% dengan VIM (4,67%), hal ini disebabkan karena rongga pada campuran yang seharusnya di isi oleh aspal, tetapi karena sebagian aspal telah diserap oleh kadar ban bekas , sehingga aspal yang akan mengisi rongga telah berkurang, tetapi berdasarkan pengujian karakteristik *marshall* memperlihatkan bahwa semakin banyak kadar ban bekas yang ditambahkan ternyata nilai VIM terus menurun, disebabkan oleh kadar ban bekas mengisi rongga dalam campuran.

#### D. Analisa terhadap Flow

Tabel 8. Nilai Flow Pengujian Karakteristik *Marshall* SMA Kasar

| Kadar Kadar Ban Bekas (%) | 1,00       | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 5,00 |
|---------------------------|------------|------|------|------|------|
| Flow                      | 3,10       | 2,85 | 2,25 | 2,55 | 3,00 |
|                           | 3,15       | 2,90 | 2,20 | 2,50 | 3,10 |
|                           | 3,20       | 2,90 | 2,30 | 2,45 | 2,95 |
| Rata-Rata                 | 3,15       | 2,88 | 2,25 | 2,50 | 3,02 |
| Persyaratan               | 2 - 4 (mm) |      |      |      |      |



Gambar 4. Grafik Hubungan *flow* dengan proporsi kadar ban bekas

Standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 yang dikeluarkan bahwa nilai minimum 2-4,5mm. Sedangkan nilai yang didapat dari hasil pengujian di laboratorium untuk proporsi campuran penambahan kadar ban bekas 1%-5% memenuhi standar.

Berdasarkan grafik diatas hubungan antara *flow* terhadap kadar ban bekas menunjukkan bahwa, *flow* menurun jika ditambahkan kadar ban bekas mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapisan perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang. Dapat dilihat pada gambar 4 dengan penambahan kadar ban bekas dalam campuran maka nilai *flow* pada kadar 2% (*flow* 2,88mm) mengalami penurunan sampai pada kadar Kadar ban bekas 3% (*flow* 2,25mm) disebabkan karena kadar ban bekas yang menyerap aspal. Kemudian nilai *flow* akan naik setelah penambahan kadar ban bekas 4% (*flow* 2,50mm) sampai pada kadar ban bekas 5% (*flow* 3,02mm) karena semakin banyaknya penambahan kadar ban bekas maka campuran akan memiliki kelenturan yang tinggi. dimana tanpa kadar ban bekas (1%) dengan *flow* (3,15mm), jika ditambahkan kadar ban bekas 0,25% dengan *flow* (3,37mm), maka *flow* akan turun sampai kadar ban bekas 0,75% (*flow* 3,20mm) dan *flow* kembali naik pada kadar ban bekas 1% dengan *flow* (3,71mm), hal ini disebabkan karena penggunaan kadar ban bekas dalam campuran beraspal kecil maka ikatan antar agregat berkurang yang menyebabkan kelenturan besar.

#### E. Analisa Terhadap VMA (Void in Mineral Aggregate)

Tabel 9. Nilai VMA Pengujian Karakteristik Marshall SMA Kasar

| Kadar Kadar Ban Bekas (%) | 1,00       | 2,00  | 3,00  | 4,00  | 5,00  |
|---------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|
| VMA                       | 18,80      | 18,56 | 18,53 | 18,43 | 17,98 |
|                           | 18,73      | 18,49 | 18,46 | 18,19 | 18,12 |
|                           | 18,66      | 18,42 | 18,39 | 18,29 | 18,12 |
| Rata-Rata                 | 18,73      | 18,49 | 18,46 | 18,31 | 18,08 |
| Persyaratan               | Min 17 (%) |       |       |       |       |



Gambar 5. Hubungan VMA dengan proporsi kadar ban bekas

Pada Tabel 9 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan proporsi kadar ban bekas 1% - 5% diperoleh nilai VMA (Rongga dalam agregat yang terisi aspal) antara 18,73 % – 18,08 %, dimana nilai VMA ini memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu minimal 17 %. Dapat dilihat pada Gambar 5 grafik hubungan antara VMA terhadap kadar ban bekas menunjukkan bahwa, VMA menurun dengan ditambahkan kadar ban bekas 1% (VMA 18,73%) sampai kadar ban bekas 5% (VMA 18,08%), ini disebabkan karena jumlah aspal yang mengisi rongga pada agregat berkurang sebab bagian aspal diserat oleh kadar ban bekas, sebelum aspal mengisi rongga pada agregat.

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 1. Pemeriksaan Karakteristik

Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, karakteristik agregat yang diperoleh dari Sungai Sa'dan Kecamatan Sesean Toraja Utara, karakteristik aspal penetrasi 60/70, dan berat jenis *filler* semen semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga.

### 2. Komposisi Campuran

Berdasarkan hasil rancangan komposisi pada campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar untuk kadar *Kadar ban bekas* 1 %; 2 %; 3 %; 4 % dan 5 %, didapatkan komposisi campuran agregat kasar 72,57 %, agregat halus 12,79 %, *filler* semen 8,64 %, aspal penetrasi 60/70 kadar 6 %.

### 3. Hasil perhitungan *Bulk Specific Gravity* dan *Effective Specific Gravity*

Berdasarkan table 4 Benda uji campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar dibuat dengan variasi proporsi *limbah ban bekas* yaitu : 1%; 2%; 3%; 4%; dan 5%. Hasil perhitungan *Bulk Specific gravity* 2,77% dan *effective gravity* 2,82%

### 4. Karakteristik Campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik *Marshall* pada campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar yang menggunakan agregat dari Sungai Sa'dan Kecamatan Sesean Toraja Utara diperoleh:

#### a. Stabilitas

Berdasarkan Gambar 6 dan Tabel 2 serta persamaan garis  $Y = -31,855x^2 + 218,16x + 1135,9$  menunjukkan bahwa stabilitas meningkat sebesar 1506,84 Kg pada kadar ban bekas 3% dan kembali mengalami penurunan sebesar 1671,45 Kg sampai pada kadar ban bekas 5% dengan nilai rata-rata peningkatan dan penurunan nilai stabilitas sebesar 70,29 kg hal ini disebabkan karena semakin tinggi proporsi kadar ban bekas maka aspal tidak mampu mengisi rongga dan dapat menyebabkan kemampuan perekatan aspal pada agregat berkurang yang mengakibatkan nilai stabilitas menurun.

*b. VIM ( Void in Mix )*

Berdasarkan Gambar 7 dan Tabel 3 serta persamaan garis

$Y = -0,0129x^2 - 0,0995x + 5,0521$  menunjukkan setiap kenaikan 1% kadar ban bekas, maka VIM semakin menurun sebesar rata-rata 0,27%.

*c. Flow*

Berdasarkan Gambar 8 dan Tabel 4 serta persamaan garis  $Y = 0,1774x^2 - 1,126x + 4,18$  menunjukkan bahwa *Flow* mengalami penurunan pada kadar ban bekas 3% sebesar 2,25mm dan kembali mengalami kenaikan pada kadar Kadar ban bekas 5% sebesar 3,02%

*d. VMA ( Void in Mineral Aggregate )*

Berdasarkan Gambar 9 dan Tabel 5 serta persamaan garis  $Y = -0,0112x^2 - 0,0862x + 18,789$  menunjukkan setiap kenaikan 1% kadar ban bekas, maka VMA semakin menurun sebesar rata-rata 0,24%. Pada persamaan Regresi menunjukkan bahwa VMA mencapai batas minimum yaitu 17%.

## KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian maka disimpulkan sebagai berikut :

1. Karakteristik agregat, karakteristik aspal penetrasi 60/70 dan berat jenis *filler* semen pada campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.
2. Karakteristik campuran *Stone Matrix Asphalt* melalui pengujian *Marshall* Konvensional diperoleh karakteristik campuran beraspal yang memenuhi semua spesifikasi yaitu stabilitas, *flow*, VIM, VMA pada campuran *Stone Matrix Asphalt* yang menggunakan agregat dari Sungai Sa'dan Kecamatan Sesean Toraja Utara memenuhi Standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu minimal 90 %

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. D. R. K. Salle, "Pemanfaatan Limbah," dalam *Pemanfaatan Material Alternatif (Sebagai Bahan Penyusun Konstruksi)*, Makassar: CV. Tohar Media, 2021, hlm. 59–68.
- [2] R. Rachman, "Karakteristik Campuran HRS – BASE Menggunakan Bubuk Dolomit Sebagai Filler," dalam *Konfrensi Nasional Teknik Sipil Ke 13*, Banda Aceh, Sep 2019, vol. 1, hlm. 420–430.
- [3] A. F. Latif, A. T. Sombolinggi, R. Rachman, dan B. Kusuma, "The effect of gradation on the mixed characteristics of HRS-WC using campurejo material," dalam *Annual Conference on Computer Science and Engineering Technology (AC2SET) 2020*, Medan, 2021, vol. 1088 (2021) 012086. doi: 10.1088/1757-899X/1088/1/012086.
- [4] O. I. Bessoran, Alpius, dan O. J. Sanggaria, "Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Bahan Tambah Limbah Ban Bekas," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 3, no. 3, hlm. 379–387, 2021, doi: <https://doi.org/10.52722/pcej.v3i3.289>.
- [5] R. Rachman, "Pemanfaatan Batu Gunung Bottomale Toraja Utara sebagai Campuran Laston," *J. Tek. Sipil Dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, hlm. 20–30, 2020.
- [6] R. Rachman, "The Effect of Immersion and Humidification Toward Performance of Hot Rolled Asphalt Mixture," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 15, no. 5, hlm. 503–509, 2020.
- [7] Grace, R. Rachman, dan Alpius, "Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Pada Campuran *Stone Matrix Asphalt* Halus," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 3, no. 4, Art. no. 4, Des 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i4.329.
- [8] A. R. Seppo, R. Rachman, dan N. Ali, "Variasi Suhu Pemadatan Campuran AC-WC Menggunakan Batu Sungai Balusu Kabupaten Toraja Utara," *J. Matriks Tek. Sipil*, vol. 9, no. 1, hlm. 23–31, 2021, doi: <https://doi.org/10.20961/mateksi.v9i1.49248>.
- [9] Direktorat Jenderal Bina Marga, *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Divisi 6*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018.
- [10] S. Anjarwati dan M. A. Pinandita, "Pengaruh Limbah Kadar Ban Sebagai Campuran Aspal terhadap Karakteristik Marshall pada jenis Perkerasan Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) Kelas B," dalam *Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 5*, 2017, hlm. 421–427.
- [11] R. Panjaitan, "Analisis Penggunaan Limbah Kadar Ban Bekas pada Campuran Aspal dengan Metode Marshall," Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang, Palembang, 2021.