

## **Pemanfaatan Batu Gunung Osu Lombebua Kabupaen Konawe Selatan Untuk Campuran Laston Lapisan Aus**

**Alfa Dionisius Patulak\*<sup>1</sup>, Alpius\*<sup>2</sup>, Monika Datu Mirring Palinggi\*<sup>3</sup>**

\*<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia. Paulus, Makassar, Indonesia, [alfadionisius46@gmail.com](mailto:alfadionisius46@gmail.com)

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

**Correspondent Author:** [monikadatumirring@gmail.com](mailto:monikadatumirring@gmail.com)

### **Abstrak**

Pemanfaatan agregat batu gunung Osu Lombebua Kabupaten Konawe Selatan belum dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan dalam perkerasan jalan khususnya pada Laston Lapisan Aus, berawal dari masalah maka perlu dilakukan penelitian dengan melakukan serangkaian pengujian karakteristik dengan mengacu pada Standar Spesifikasi Bina Marga 2018. Penelitian ini bertujuan untuk menguji karakteristik campuran Laston Lapisan Aus dengan memanfaatkan agregat batu Gunung Osu Lombebua, dengan mengetahui karakteristik agregat, aspal dan *filler*, kemudian merancang komposisi campuran lalu dilakukan pembuatan benda uji yaitu berupa Laston Lapisan Aus serta pengujian *Marshall* Konvensional untuk penentuan KAO setelah itu pembuatan benda uji KAO untuk Stabilitas *Marshall* Sisa (SMS). Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik bahan perkerasan berupa agregat batu Gunung Osu Lombebua Kabupaten Konawe Selatan telah memenuhi spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018. Berdasarkan pengujian Karakteristik campuran *Marshall* Konvensional diperoleh nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), *Void in Mix* (VIM), *Void In Mix Aggregate* (VMA), dan *Foid Filled With Bitumen* (VFB) semua memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Pengujian *Marshall Immersion* (Stabilitas *Marshall* Sisa) pada campuran Laston Lapisan Aus memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, dimana nilai Stabilitas *Marshall* Sisa yaitu  $96,78 \geq 90 \%$ .

**Kata kunci:** Pemanfaatan, Osu Lombebua, Laston Lapisan Aus, *Marshall Test*

### **Abstract**

*The utilization of Osu Lombebua mountain rock aggregate, South Konawe Regency has not been optimally utilized as a material in road pavement, especially in the Aus Layer Laston, starting from a problem, it is necessary to conduct research by conducting a series of characteristic tests with reference to the 2018 Highways Specification Standard. The characteristics of the Aus Layer Laston mixture by utilizing the rock aggregates of Mount Osu Lombebua, by knowing the characteristics of the aggregate, asphalt and filler, then designing the composition of the mixture and making a test object in the form of Aus Layer Laston and the test Marshall Conventional for determining KAO after that making KAO test objects for Stability Marshall Time (SMS). The results of the study indicate that the characteristics of the pavement material in the form of rock aggregates of Mount Osu Lombebua, South Konawe Regency have met the General specifications of the Directorate General of Highways 2018. Based on the test of the characteristics of the mixture, Marshall Conventional the values of Stability, flow, Void In Mix (VIM), Void In Mix Aggregate (VMA), and Foid Filled Bitumen (VFB) all meet the General Specifications of Highways 2018. Marshall Immersion test (Stability Marshall Remaining) on a mixture of meets the General Specifications of Highways 2018, where the value of Stability Marshall Remaining is  $96,78 \geq 90\%$ .*

*Keywords: Utilization, Osu Lombebua, Laston Layer Aus, Marshall Test*

## PENDAHULUAN

Kebutuhan akan agregat terutama pada lapis perkerasan jalan dari tahun ke tahun akan semakin bertambah, oleh karena itu perlu adanya tempat pengambilan agregat baru di suatu daerah. Agregat yang akan diambil harus memiliki kualitas yang baik karena sangat diperlukan sebagai bahan dalam perkerasan jalan.

Kabupaten Konawe Selatan merupakan daerah di Provinsi Sulawesi Tenggara yang kaya akan sumber materialnya terutama batuan gunung akan tetapi masyarakat belum memanfaatkannya sebagai agregat dalam perkerasan jalan. Selama ini bahan perkerasan jalan masih menggunakan material dari luar dan sering mengalami kerusakan sebelum umur yang direncanakan.

Bahan perkerasan jalan yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari Kabupaten Konawe Selatan dan berlokasi di Gunung Osu Lombebua Kecamatan Moramo Utara. Berdasarkan informasi dari masyarakat, material dari Gunung Osu Lombebua Kecamatan Moramo Utara belum pernah digunakan sebagai bahan untuk perkerasan jalan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian di laboratorium untuk mengetahui apakah agregat dari Gunung Osu Lombebua dapat digunakan pada lapisan perkerasan jalan.

Dalam penelitian ini material dari Gunung Osu Lombebua akan digunakan dalam campuran Laston lapisan Aus, dimana pada lapisan ini merupakan lapisan non struktural yang memiliki fleksibilitas yang tinggi dan berfungsi sebagai lapis aus karena terletak pada lapisan paling atas [1]. Berdasarkan latar belakang di atas maka diangkat suatu topik tugas akhir yang berjudul “Pemanfaatan Batu Gunung Osu Lombebua Kabupaten Konawe Selatan Untuk Campuran Laston Lapisan Aus”.

Beberapa penelitian sejenis terdahulu dengan hasilnya, yaitu Pemanfaatan Batu Gunung Bottomale Toraja Utara sebagai campuran Laston menghasilkan penggunaan material Batu Gunung Bottomale untuk AC-WC dengan kadar aspal 6,5% dan AC-BC pada kadar aspal 5%, tahan terhadap deformasi beban lalu lintas dan tidak mengalami perubahan bentuk [2], Pemanfaatan Agregat sungai waggar Kabupaten Nabire sebagai bahan campuran AC-BC dan AC-WC melalui pengujian *Marshall Immersion* menghasilkan nilai indeks perendaman (IP)/indeks kekuatan sisa (IKS) sebesar 95,11% dan 94,1% [3], Studi Kinerja Campuran AC-WC Menggunakan BGA ASBUTON Sebagai Bahan Pengikat” menghasilkan penambahan BGA Asbuton 3%, 4%, dan 5% ke dalam campuran mengakibatkan nilai stabilitas menurun tetapi masih memenuhi Spesifikasi Bina Marga [4], Pengaruh penentuan kadar aspal optimum terhadap kualitas desain campuran beraspal menghasilkan standar *Marshall* 75 tumbukan, kadar aspal yang paling menguntungkan terdapat pada nilai tengah range kadar aspal yang memenuhi persyaratan standar pada sudut putar *Gratory* 1,25, 50 tumbukan terdapat pada nilai bawah range kadar aspal dengan putar *Gratory* 1,25 dan 35 tumbukan terdapat pada nilai bawah dari range kadar aspal dengan sudut putar *Gratory* 1,75 [5], *Study of Laston Durability and Permeability using coconut shell addition* menghasilkan kestabilan campuran aspal dalam menerima beban, tanpa merubah bentuk plastis dan mengikuti *trend* garis polinomial orde 2 [6], *Study of the use bagasse Ash a filler replacement to characteristics Asphalt Concrete* menghasilkan penambahan atau penggantian abu ampas tebu ke dalam campuran AC-WC dan AC-BC memenuhi hasil uji *Marshall* [7], Campuran HRC-WC menggunakan agregat Batu gunung desa Palipu Kecamatan Mengkendek Tana Toraja menghasilkan karakteristik Batu Gunung desa Palipu memenuhi spesifikasi sebagai bahan lapisan permukaan jalan [8], Studi alternatif campuran aspal beton AC-WC dengan menggunakan pasir Seruyan Kabupaten Seruyan Kalimantan Tengah menghasilkan bahwa pasir seruyan dapat digunakan sebagai bahan campuran beton aspal dengan hasil kombinasi agregat dengan nilai (stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA,

MQ) memenuhi standar Bina Marga[9], Studi pemanfaatan agregat sungai dan debu batu sebagai agregat halus pada campuran HRC-WC menghasilkan nilai KAO *Marshall* sebesar 7,71%, stabilitas 1340,10%, nilai aliran 4,96 mm, nilai MQ 271,10 kg/mm, nilai VFB 94,30%, nilai VIM 4,85%, nilai VMA 18,10% [10], *Mix Design Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan menggunakan *fly ash* Batu Bara sebagai pengganti *Filler* menghasilkan bahwa penggunaan *fly ash* batu bara akan mempengaruhi campuran AC-WC dengan nilai stabilitas sebesar 1443,69 kg, nilai stabilitas penambahan kadar *fly ash* sampai 2% sebesar 1624,74 kg, untuk Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh 0% = 5,75%, 1% = 5,80%, 1,5% = 5,85%, 2% = 5,90% [11].

Penelitian ini bertujuan untuk menguji karakteristik campuran Laston Lapisan Aus dengan memanfaatkan agregat batu Gunung Osu Lombebua, dengan mengetahui karakteristik agregat, aspal dan *filler*, merancang komposisi campuran lalu dilakukan pembuatan benda uji yaitu berupa Laston Lapisan Aus serta pengujian *Marshall* Konvensional untuk penentuan KAO setelah itu pembuatan benda uji KAO untuk Stabilitas *Marshall* Sisa (SMS).

## METODOLOGI

### 1. Tahapan Penelitian

Sebelum penelitian ini dilaksanakan perlu adanya referensi mengenai penelitian yang terkait dengan Laston Lapisan Aus. Kemudian dilakukan pengambilan dan persiapan sampel. Agregat ini menggunakan jenis agregat lokal yang berasal dari Gunung Osu Lombebua, Kecamatan Moramo Utara, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Setelah pengambilan dan persiapan sampel (agregat) dilakukan tiga tahapan penelitian karakteristik yaitu : data primer (karakteristik aspal, karakteristik agregat, karakteristik Setelah tahapan penelitian karakteristik dilakukan, penelitian ini disesuaikan dengan Standar Spesifikasi Bina Marga 2018. Dilanjutkan dengan menentukan komposisi campuran laston lapisan aus, membuat sampel penelitian (benda uji), uji *marshall* Konvensional, menentukan berapa kadar aspal optimum (KAO), membuat benda uji kembali, uji *marshall immersion* (Stabilitas Kekuatan sisa) dilanjutkan dengan analisis dan pembahasan kemudian kesimpulan dan saran.

### 2. Jenis, Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian Karakteristik agregat yang menggunakan material baru dari Gunung Osu Lombebua Sulawesi Tenggara, Kabupaten Konawe Selatan, Kecamatan Moramo Utara. Penelitian ini berlangsung selama ± satu bulan, yang bertempat di Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar.

### 3. Pengambilan dan Persiapan Material

Persiapan Material mencakup pengambilan agregat dari Gunung Osu Lombebua Kabupaten Konawe Selatan dengan mengambil agregat kasar sekitar 25 kg dengan menggunakan sekop dan dimasukkan ke dalam karung. Kemudian dibawa ke Laboratorium Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar untuk dilakukan penelitian.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Material

#### 4. Pemeriksaan Karakteristik Bahan

Pemeriksaan karakteristik bahan meliputi pemeriksaan karakteristik agregat, pemeriksaan karakteristik aspal dan pemeriksaan karakteristik *filler*.

#### 5. Standar Spesifikasi

Data-data hasil pengujian karakteristik agregat, aspal dan *filler* akan di sesuaikan dengan ketentuan standar spesifikasi Bina Marga 2018. Jika data hasil pengujian tersebut memenuhi spesifikasi maka dilanjutkan dengan rancangan komposisi campuran. Namun apabila tidak memenuhi spesifikasi maka dilakukan pengujian ulang seperti pada pengujian analisa saringan, pengujian kadar lumpur, pemeriksaan partikel pipih dan lonjong.

#### 6. Rancangan Komposisi Campuran Laston Lapisan Aus

Tabel 1. Komposisi Aspal Dalam Campuran Laston Lapisan Aus

Material	Komposisi Campuran Laston Lapisan Aus (%)				
Kadar Aspal (%)	5	5,5	6	6,5	7
Agregat Kasar (gr)	37,50	37,35	37,20	37,05	36,90
Agregat Halus (gr)	51,50	51,20	51,90	50,60	50,30
<i>Filler</i> (gr)	6,00	5,95	5,90	5,85	5,80
Aspal (gr)	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
Total (gr)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

#### 7. Persiapan Sampel Laston Lapisan Aus

Setelah semua bahan yang diperlukan dalam penelitian telah melalui pengujian, maka dilanjutkan dengan menentukan berapa jumlah sampel yang akan dibuat dan menyiapkan komposisi campuran yang telah direncanakan.

#### 8. Pengujian Marshall Konvensional

Pengujian *Marshall* konvensional merupakan metode yang paling umum digunakan dan distandarisasikan berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 terkhusus pekerjaan jalan dan jembatan. Metode *Marshall* Konvensional antara lain pengukuran berat jenis, stabilitas, *flow* serta pengukuran kerapatan dan analisa rongga. [12].

## 9. Penentuan KAO Campuran Laston Lapisan Aus

Kadar Aspal Optimum merupakan bagian terpenting yang diperlukan dalam suatu campuran lapisan perkerasan dikarenakan nilai kadar aspal yang terlalu tinggi akan mengakibatkan perkerasan jalan akan mengalami kelelahan begitupun jika terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan jalan mudah mengalami keruntuhan. [13].

## 10. Pengujian *Marshall Immersion*

*Marshall immersion* atau biasa disebut perendaman *Marshall* adalah pengujian yang digunakan untuk mengetahui durabilitas dalam campuran beraspal. Pada pengujian ini, campuran di rendam untuk mengetahui ketahanannya terhadap air dalam kondisi panas pada temperatur 60°C selama 30 menit dan 24 jam. Dengan begitu dapat dilihat jika air dan temperatur sangat memengaruhi campuran beraspal. [14].

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 1. Analisis Karakteristik Agregat

Gambar 3 memperlihatkan Grafik hasil pengujian analisa saringan menggunakan batu Gunung Osu Lombebua dalam campuran Laston Lapisan Aus.



Gambar 3. Grafik Analisa Saringan

Dari hasil pengujian abrasi dengan mesin *los angeles* diperoleh nilai pada Fraksi A sebesar 4,24%, Fraksi B sebesar 5,04%, Fraksi C sebesar 5,2%, dan Fraksi D adalah 5,86% dengan standar spesifikasi maksimum sebesar 40%. Hasil pengujian kelekatan terhadap aspal diperoleh nilai sebesar 96% dengan standar spesifikasi sebesar 95%. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar diperoleh nilai penyerapan 1,41% dengan standar spesifikasi penyerapan air maksimal 3%. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus diperoleh nilai untuk Berat Jenis *Bulk* sebesar 1,11% dengan standar spesifikasi penyerapan air maksimal 3%. Hasil pengujian uji agregat lolos saringan no.200 diperoleh nilai sebesar 2,2% dengan standar spesifikasi sebesar 10%. Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus diperoleh nilai untuk *sand equivalent* sebesar 98,56% dan kadar lumpur sebesar 1,44% dengan standar spesifikasi minimal *sand equivalent* 60% dan kadar lumpur maksimal 5%. Hasil pengujian partikel pipih dan lonjong diperoleh nilai untuk saringan pada agregat kasar diperoleh nilai partikel pipih 6,90, 8,90%, 4,60%, 0,00% dan untuk partikel lonjong 8,40% , 9,70%, 5,40%, 0,00% dengan standar spesifikasi maksimal sebesar 10%.

## 2. Analisis Karakteristik Aspal

Dari hasil pengujian penetrasi pada suhu 25 °c diperoleh nilai sebesar 65 mm dengan standar spesifikasi minimal 60 mm dan maksimal 70 mm. Hasil pengujian daktilitas pada suhu 25 °c diperoleh nilai sebesar 150 cm dengan standar spesifikasi  $\geq 100$  cm. Hasil pengujian titik lembek aspal diperoleh nilai sebesar 53,5 °c dengan standar spesifikasi  $\geq 48$  °c. Hasil pengujian titik nyala (°c ) diperoleh nilai sebesar 290 °c dengan standar spesifikasi  $\geq 232$  °c. Hasil pengujian berat jenis aspal diperoleh nilai sebesar 1,016 dengan standar spesifikasi  $\geq 1$ . Hasil pengujian berat yang hilang diperoleh nilai sebesar 0,184% dengan standar spesifikasi  $\leq 0,8\%$ . Hasil pengujian penetrasi pada suhu 25 °c diperoleh nilai sebesar 84,47% dengan standar spesifikasi maksimum 54%.

## 3. Karakteristik Campuran Laston Lapisan Aus Berdasarkan Pegujian *Marshall* Konvensional

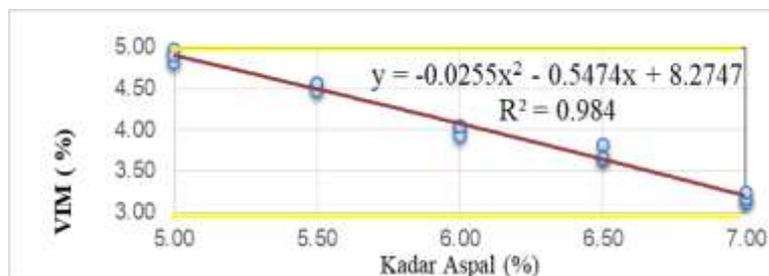
### a. Analisis Terhadap Stabilitas



Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas

Dari persamaan regresi pada gambar 4 dengan menggunakan kadar aspal 5%-7% menunjukkan bahwa penambahan kadar aspal dalam campuran Laston Lapisan dapat menaikkan nilai stabilitas sampai titik maksimum dan menurunkan nilai stabilitas setelah melewati titik maksimum. Hal ini terjadi oleh karena kadar aspal yang terlalu tinggi atau melewati titik maksimum mengakibatkan aspal tidak dapat memenuhi seluruh agregat dengan menyeluruh. Aspal yang terlalu banyak tidak mampu untuk diserap oleh rongga yang terdapat dalam campuran.

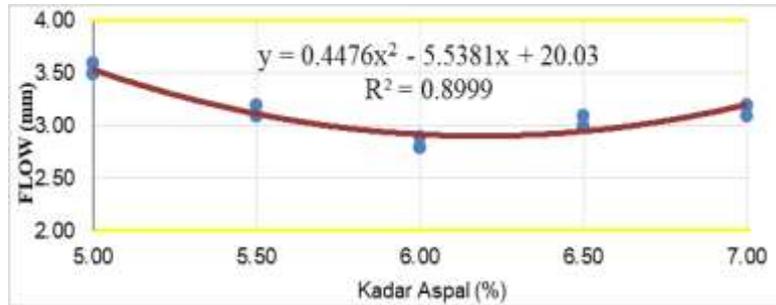
### b. Analisa Terhadap VIM (*Void in Mixture*)



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VIM

Dari persamaan regresi pada Gambar 5 dengan menggunakan kadar aspal 5%-7% dapat diketahui bahwa adanya penambahan pada kadar aspal dapat membuat rongga dalam campuran (VIM) mengecil karena aspal mampu mengisi lebih banyak rongga-rongga yang ada sehingga campuran menjadi lebih rapat atau rongga menjadi semakin kecil dan sedikit.

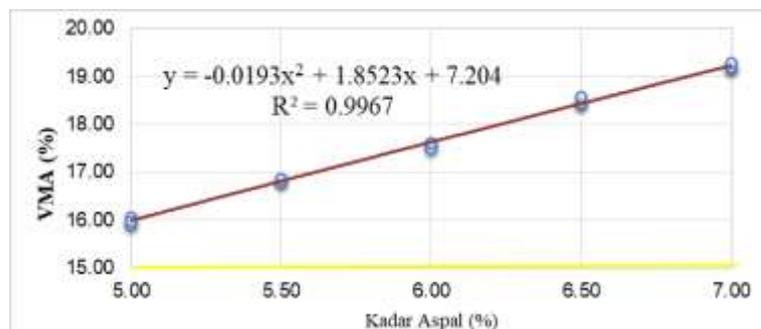
**c. Analisis Terhadap Flow**



Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Flow

Dari persamaan regresi pada Gambar 6 dengan menggunakan kadar aspal 5%-7% dapat menunjukkan bahwa nilai kelelahan yang besar akan terjadi apabila penggunaan aspal dalam campuran sedikit, ini terjadi karena ikatan agregat dalam campuran akan berkurang. Tetapi nilai kelelahan kemudian akan menurun apabila penggunaan aspal dalam campuran bertambah ini terjadi karena daya rekat antara agregat dalam campuran menjadi lebih kuat. Nilai kelelahan dapat bertambah besar kembali tetapi kekuatannya akan berkurang dikarenakan aspal yang menutupi permukaan agregat menjadi lebih tebal. Dapat disimpulkan bahwa nilai Stabilitas dalam campuran Laston Lapisan Aus berbanding terbalik dengan kelelahan atau flow (Kelelahan).

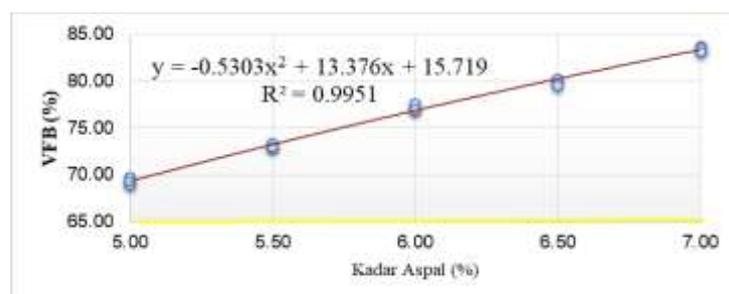
**d. Analisis Terhadap VMA (Void in Mineral Aggregate)**



Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Aspal terhadap VMA

Dari persamaan regresi pada Gambar 7 dengan menggunakan kadar aspal 5%-7% dapat dilihat bahwa nilai VMA dalam campuran sangat dipengaruhi oleh banyaknya kadar aspal. Rongga dalam agregat yang terisi oleh banyaknya kadar aspal akan membuat nilai VMA semakin besar.

**e. Analisis terhadap VFB (Void Filled With Bitumen)**

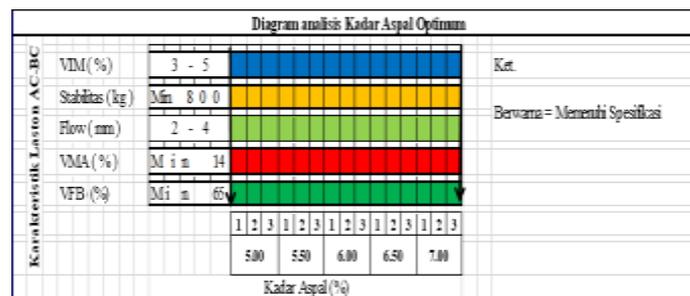


Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VFB

Dari persamaan regresi pada Gambar 8 dengan menggunakan kadar aspal 5%-7% dapat dilihat bahwa penambahan kadar aspal dapat menyebabkan nilai rongga terisi aspal (VFB) semakin membesar. Hal ini menunjukkan bahwa aspal tidak memiliki halangan dalam mengisi rongga-rongga yang ada.

#### 4. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal praktis merupakan yang memenuhi kadar aspal baik itu dalam kriteria maupun karakteristiknya. dalam campuran Laston Lapisan Aus nilai kadar aspal yang dipakai berada pada 5% - 7%. Laston Lapisan Aus merupakan salah satu bagian pada lapis perkerasan jalan dimana nilai VIM (rongga) terkecil dalam campuran Laston Lapisan Aus sebesar 7%. Digunakan nilai VIM yang kecil untuk membuat Laston Lapisan Aus menjadi lapisan pelindung yang lebih kedap air



Gambar 9. Diagram Analisis Kadar Aspal Optimum Campuran Laston Lapisan Aus

#### 5. Stabilitas Marshall Sisa

Stabilitas *Marshall* Sisa dengan kadar aspal 7% memperoleh hasil pengujian sebesar 96,78% pada campuran Laston Lapisan Aus. Nilai Stabilitas *Marshall* Sisa pada campuran aspal menggunakan agregat batu gunung Osu Lombebua memenuhi standar oleh Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2018 dengan ketentuan minimal 90%.

#### KESIMPULAN

Hasil dari percobaan di laboratorium yang menggunakan agregat batu gunung Osu Lombebua, didapatkan nilai karakteristik Aspal penetrasi 60/70 dan berat jenis *filler* (semen) memenuhi spesifikasi umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 khususnya pada laston Lapisan Aus.

Adapun hasil dari komposisi campuran Laston Lapisan Aus, dapat diketahui bahwa Pada kadar aspal 5% agregat kasar yaitu 37,50 %, agregat halus 51,50 %, *filler* 6,00 %, untuk kadar aspal 5,5% agregat kasar yaitu 37,35 %, agregat halus 51,20 %, *filler* 5,95 %, untuk kadar aspal 6% agregat kasar yaitu 37,20 %, agregat halus 51,90 %, *filler* 5,90 %, untuk kadar aspal 6,5% agregat kasar yaitu 36,90%, agregat halus 50,60%, *filler* 5,85%, dan untuk kadar aspal 7% agregat kasar yaitu 36,90 %, agregat halus 50,30%, dan *filler* 5,80 %.

Adapun hasil dari karakteristik campuran Laston Lapisan Aus melalui pengujian Karakteristik campuran *Marshall* Konvensional diperoleh nilai Stabilitas, Kelelehan (*flow*), *Void In Mixture* (VIM), *Void In Mineral Aggregate* (VMA), dan *Void Filled with Bitumen* (VFB). *P. Marshall Immersion* (Stabilitas *Marshall* Sisa) yaitu 96,78  $\geq$  90 %. memenuhi standar spesifikasi umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sukirman, Silvia. “Perkerasan Lentur Jalan Raya”. Bandung : Nova. 1999.
- [2] R. Rachman, “Pemanfaatan Batu Gunung Bottomale Toraja Utara sebagai Campuran Laston,” J. Tek. Sipil Dan Teknol., vol.6, no.1, Art. no.1, 2020. pp. 20-30.
- [3] Fani. L.A, Irianto, Elizabeth, and Alpius, “Pemanfaatan Agregat Sungai Wanggar Kabupaten Nabire Sebagai Bahan Campuran AC-WC dan AC-BC,” Paulus Civ.Eng. J. vol. 1, no. 2, Art. no. 2, 2019. pp. 28-36.

- [4] H. N. Ali, A. Liputo, M. P. Layuk. “*Studi Kinerja Campuran AC-WC Menggunakan BGA Asbuton Sebagai Bahan Pengikat*”. Makassar : Universitas Hasanuddin. 2014.
- [5] C. Kamba dan R. Rachman., “*Marshall Characteristics Test On Hot Rolled Sheet Base Combine Using Nickel Slag For Half Gap Graded,*” *Int. J. Innov. Sci. Eng. Technol.*, vol. 5, no.3, Art. no.3. 2018. pp. 14-19.
- [7] J. Tandibua, R. Rachman, dan J. Tanijaya, “*Study of Laston BC Durability and Permeability Using Coconut Shell Addition Materials,*” Bali, Indonesia, vol. 419, doi: 10.1088/1755 -1315/419/1/012101. 2020.
- [8] Sumardi, R. Rachman, dan J. Tanijaya, “*Study of the Use Bagasse Ash as a Filler Replacement to Characteristics Asphalt Concrete,*” *Int. J. Sci. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 8, Art. no. 8, doi: 10.5281/zenodo.3408011. 2019. pp. 65-70.
- [9] Alpius, “*Campuran HRS-WC Menggunakan Agregat Batu Gunung Desa Palipu Kecamatan Mengkendek Tana Toraja,*” in *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) -13*, Banda Aceh, 2019, vol. 1, pp. 431–441.
- [10] Kasiati, “*Studi Alternatif Campuran Aspal Beton AC-WC dengan Penggunaan Pasir Seruyan Kabupaten Seruyan Kalimantan Tengah*”. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil* 13(1), pp.21-30
- [11] I. Alfian, E. Sulandari, dan S. Mayuni, “*Studi Pemanfaatan Agregat Sungai dan Debu Batu Sebagai Agregat Halus pada Campuran HRS-WC,*” *J.Sipil*, vol.2, no. 2, 2016. pp. 5-15.
- [12] Hasmiati, H. and La Ode, M., “*Mix Design Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Dengan Menggunakan Fly Ash Batu Bara Sebagai Pengganti Filler*”. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(1), pp.133-144.
- [13] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. “*Manual Desain Perkerasan Jalan*”; Jakarta : Direktorat Jenderal Bina Marga. 2013.
- [14] Mukhlis, M., Lusyana, L., Suardi, E. and Adibroto, F. “*Kinerja Marshall Immersion pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan Penambahan Cangkang Sawit sebagai Substitusi Agregat Halus*”. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 15(2), pp.99-105. 2018.