

Pemanfaatan Batu Gunung Sopai Kabupaten Toraja Utara Dalam Campuran Laston Lapis Aus

Wadyansah Pabisa^{*1}, Alpius^{*2}, Charles Kamba^{*3}

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia
wadyansahp@gmail.com

^{*2} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia
alpiusnini@gmail.com

^{*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia
kamba.charles@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan hasil uji karakteristik dari Laston Lapis Aus batu Gunung Sopai yang bertujuan mengetahui karakteristik laston lapis aus. Menurut tes laboratorium metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan beberapa uji karakteristik yaitu agregat kasar, aageat halus, *filler* dengan aspal, lalu desain komposisi tersebut dan kemudian menguji *Marshall* dengan campuran Laston Lapis Aus dan kadar aspal yang optimal, diperoleh sisa kestabilan *Marshall* dari campuran tersebut. Hasil tdari penelitian material bentuk perkerasan jalan batuan Sopai di Kabupaten Toraha Utara telah memenuhi Ketentuan Umum Bina Marga Tahun 2018, sebagai lapisan dari permukaan jalan. Dari hasil penujian yang telah dilakukan untuk Laston lapis Aus dengan kadar 5.50%, 6.00%, 6.50%, 7.00% dan 7.50%. Hasil uji perendaman *Marshall* campuran Laston Lapis Aus untuk kadar aspal terbaik 7.50%, sisa kestabilan *Marshall* adalah 99,35% masuk dalam persyaratan yaitu minimal 90 %.

Kata kunci: Karakteristik, Komposisi Campuran Laston Lapis Aus.

ABSTRACT

This research study is intended to obtain the characteristic test results of the Laston Lapis Aus Sopai mountain rock which aims to determine the characteristics of laston lapis wear. According to the laboratory test, the method used in this research is to perform several characteristic tests, namely coarse aggregate, fine aggat, filler with aspal, then design the composition and then test Marshall with a mixture of Laston Lapis Aus and optimal aspal levels, the remaining Marshall stability from the mixture is obtained. The result of the research on pavement form materials for the Sopai rock road in North Toraha Regency has fulfilled the 2018 General Bina Marga Provisions, as a layer of the road surface. From the results of the tests that have been carried out for Laston layers of Aus with levels of 5.50%, 6.00%, 6.50%, 7.00% and 7.50%. The results of the Marshall Laston Lapis Aus immersion test for the best bitumen content of 7.50%, the remaining Marshall stability is 99.35%, which is included in the requirements, namely at least 90%.

Keywords: Characteristics, Composition of the Laston Lapis Aus mixture.

PENDAHULUAN

Bertambah tingginya jumlah penduduk dalam setiap wilayah sangatlah memberi pengaruh pada perkembangan yang meningkat seiring dengan perkembangan zaman khususnya pada bidang transportasi. Persyaratan umum dari suatu jalan adalah dapat menyediakan lapisan permukaan kokoh bahkan menanggung kenyamanan yang tinggi hingga jangka layanan yang panjang yang membutuhkan pemeliharaan yang minimum bahkan bermacam iklim.

Aspal beton terbagi menjadi 3 yaitu Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Antara (AC-BC) dan Laston Lapis Pondasi [1], Salah satu perkerasan yang banyak digunakan adalah lapisan

perkerasan Laston Lapis Aus. Lapisan perkerasan Laston Lapis Aus berfungsi melindungi lapisan dibawahnya antara lain campuran aspal, agregat, dan bahan pengisi (*filler*). dalam pembentukan lapisan perkerasan, agregat memiliki peran pokok dimana agregat merupakan komponen utama yang menyusun suatu campuran perkerasan yang menyebabkan daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar dari karakteristik agregat dan bahan pengikat berupa aspal yang sangat dipengaruhi oleh mutu agregat untuk mengetahui kekuatan suatu agregat maka dilakukan pengujian karakteristik agregat.

Adapun panduan campuran beraspal yaitu Spesifikasi Bina Marga 2018 [2], maka proporsi campuran bahan perkerasan beraspal harus

direncanakan berdasarkan spesifikasinya. Sehingga jika karakteristik dan komposisi bahan perkerasan sudah sesuai dengan spesifikasinya, maka dilakukan pengujian melalui *Marshall Konvensional* dan *Stabilitas Marshall Sisa* untuk mengetahui kualitas dari campuran beraspal tersebut. Adapun Panduan Laboratorium Aspal (2018) menggunakan Panduan Praktikum untuk Jalan & Aspal Teknik Sipil UKI-Paulus Makassar [3]. Adapun komposisi campuran agregat akan dibagi menjadi tiga fraksi yaitu fraksi agregat kasar, fraksi agregat halus dan fraksi bahan pengisi. Dimana ukuran dari fraksi didasarkan pada spesifikasi umum Bina Marga tahun 2018 divisi 6 [4]

Gunung Sopai adalah gunung yang berada di Kec. sopai Kab. Toraja utara yang mempunyai sumber material yang seperti batuan yang belum dipergunakan untuk bahan dasar campuran Laston Lapis Aus. Sumber daya alam yang tersedia sangat dianjurkan untuk menggunakan material yang ada disekitar lokasi pembangunan jalan karena penggunaan material di sekitar lokasi dinilai lebih efisien dari segi waktu maupun biaya. Beberapa hal diatas mendasari penelitian ini akan dilakukan, hal tersebut tidak menghambat berjalannya penelitian ini dikarenakan agregat yang akan diteliti sudah diambil dari lokasi terkait.

Pada Penelitian ini untuk mengetahui sifat-sifat campuran menggunakan spesifikasi Bina Marga 2018 untuk sifat-sifat campuran beton aspal [5]. Kemudian untuk mengetahui metode pengujian agregat menggunakan spesifikasi Badan Penelitian dan Pengembangan Depatermen Pekerjaan Umum 2018 [6].

Adapun penelitian terkait tentang campuran Laston Lapis Aus ini ialah Fani A L (2019) yang meneliti

Tabel 1. Panduan karakteristik agregat

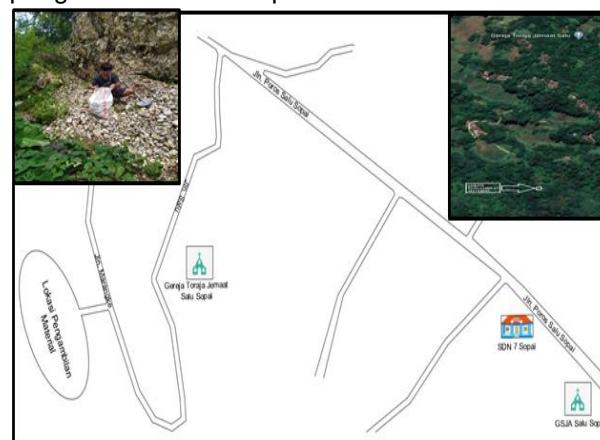
Karakteristik	Panduan
Analisa Saringan	SNI ASTM C136 2012
Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorbsi Agregat Kasar	SNI 1969 : 2016
Berat Jenis dan Absorbsi Agregat Halus	SNI 1970 : 2016
Nilai Setara Pasir	SNI 03 4428 1997
Keausan	SNI 2417 2008
Partikel Pipih dan Ionjong	ASTM D 4791 10

tentang Pemanfaatan Agregat Sungai Wangger Kabupaten Nabire Sebagai Bahan Campuran AC-WC dan AC-BC [7]. Penggunaan Agregat Sungai Batu Tiakka' Pada Campuran AC-BC [8]. Dengan Kadar serat ijuk 2% untuk campuran AC-BC memiliki nilai perendaman 94,04% [9]. Studi Karakteristik Campuran AC-BC Berdasarkan Limbah Kantong Plastik Sebagai Bahan Tambah [10]. Pemanfaatan Batu Gunung Posi' Padang Balla Kabupaten Mamasa Sebagai Campuran AC-BC [11]

METODE

1. Lokasi dan Waktu Pengambilan Material

Lokasi pengambilan material terletak di Sopai, Kecamatan Sopai, Kabupaten Toraja Utara, Lokasi pengambilan material pada tabel 1 dibawah ini:



Gambar 1. Lokasi pengambilan material

2. Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Beberapa pemeriksaan karakteristik agregat yang berpedoman pada standar rujukan yang dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

SNI 2439 2011

3. Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Pada percobaan karakteristik aspal yang terdiri dari beberapa pengujian dan mengacu pada

Tabel 2. Panduan karakteristik aspal

Karakteristik	Panduan
Penetrasi pada 25°C	SNI 2456 : 2011
Titik Nyala	SNI 2433 : 2011
Titik Lembek Aspal dan Ter	SNI 2434 : 2011
Berat Jenis	SNI 2441 : 2011
Daktilitas pada 25°C	SNI 2432 : 2011
Berat yang Hilang	SNI 06 2441 1991

4. Evaluasi Hasil Pengujian Karakteristik Agregat, *Filler* dan Aspal

Evaluasi hasil pengujian berdasarkan Standar Spesifikasi yang telah ditentukan. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 merupakan spesifikasi teknik pekerasan jalan dan jembatan. Sejumlah pengujian karakteristik seperti analisa saringan, pengujian kadar lumpur, pengujian lolos saringan No. 200, dan pemeriksaan partikel pipih dan lonjong dapat kembali dilakukan pemecahan

standar rujukan yang dapat di lihat pada tabel 2 dibawah ini:

agregat kembali jika tidak mencapai spesifikasi agar memenuhi standar spesifikasi.

5. Rancangan Campuran Laston Lapis Aus

Pembagian ukuran pecahan agregat mengikuti spesifikasi umum Bina Marga divisi 6. Dimana penentuan rancangan komposisi campuran diambil dari nilai gradasi ideal agregat. Komposisi campuran agregat yang dirancang dibagi menjadi tiga bagian meliputi: bagian agregat halus, bagian agregat kasar, dan bagian *filler*

Tabel 3. Rancangan komposisi campuran

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran	
	Laston	
	Lapis Aus	Rancangan Gradasi Campuran
¾	100	100
½	90 – 100	95,00
3/8	77-90	83,50
4	53-69	61,00
8	33-53	43,00
16	21-40	30,50
30	14-30	22,00
50	7-20	15,50
100	6-15	10,50
200	4-9	6,50

6. Komposisi Campuran

Setelah semua bahan yang akan digunakan memenuhi syarat langkah berikutnya ialah

menghitung komposisi campuran serta total sampel uji.

Perhitungan Perkiraan awal kadar aspal:
Kadar aspal efektif minimal. = 0,6%

Kadar aspal efektif maksimal = 1,2%
Lolos saringan Nomor 200 = 6,5%
Kadar aspal rencana maksimum = 10,83%
Kadar aspal rencana minimum = 5,42%

Komposisi campuran Kaston Lapis Aus dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Komposisi campuran laston lapis aus

Material	Uk.Saringan	Kadar Aspal				
		5,50%	6,00%	6,50%	7,00%	7,50%
Agregat Kasar	3/4"					
	1/2"					
	3/8"	37,35	37,20	37,05	36,90	36,75
	No.4					
Agregat Halus	No.8					
	No.18					
	No.30					
	No.50	51,20	50,90	50,60	50,30	50,00
	No.100					
	No.200					
	Filler	5,95	5,90	5,85	5,89	5,75

Pada penelitian tersebut total benda uji dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Jumlah benda uji

Kadar Aspal	Marshall Konvensional	Marshall Immersion
5,50%	3	
6,00%	3	
6,50%	3	3
7,00%	3	
7,50%	3	

7. Pengujian Marshall Konvensional

Penelitian uji *Marshall* umumnya mencakup: persiapan benda uji, menentukan berat jenis *bulk* contoh benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*, serta hitungan kriteria sifat volumetrik benda uji. Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan pada persiapan benda uji antara lain:

1. Persiapan pada pengujian *Marshall*.
2. Menentukan temperatur campuran serta pemadatan.
3. Mempersiapkan agregat yang hendak digunakan.
4. Kepadatan benda uji
5. Mempersiapkan campuran aspal beton.

8. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Sesudah dilakukan perhitungan *Marshall* Konvesional yaitu nilai tertinggi dari grafik hubungan *vim* yang didapatkan pada pengujian, kepadatan campuran yang dipadatkan dengan kadar aspal. Menurut kegunaan dan macam campuran Laston Lapis Aus sehingga ditentukan kadar aspal stabilitas tertinggi dengan *flow* yang paling kecil untuk Kadar Aspal optimum KAO.

9. Pengujian Marshall Immersion

Pengujian *Marshall Immersion* dilakukan untuk mengetahui ketahanan benda uji terhadap air dimana perbedaanya dengan uji marshall konvensional terletak pada lama perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C. Dan biasa disebut stabilitas *Marshall* sisa.

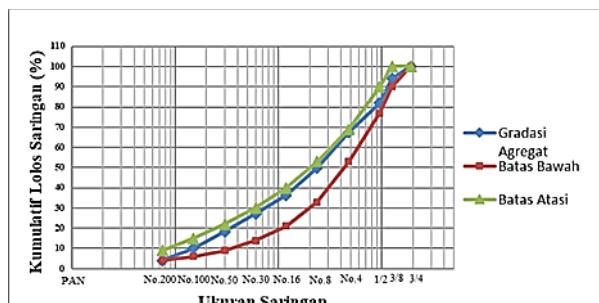
Hasil penelitian ini menganalogikan antara pengujian marshall setelah direndam pada suhu

ruang 60° selama 24 jam, dengan lama perendaman 30 menit (*marshall konvensional*) yang biasa dikatakan stabilitas *marshall* sisa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 6. Hasil uji karakteristik agregat

No.	Percobaan	Hasil
1.	Keausan dengan Mesin <i>Los Angels</i>	
	Fraksi A	7,00
	Fraksi B	6,6
	Fraksi C	5,9
	Fraksi D	4,36
2.	Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Kasar	2,65
		2,68
		2,74
		1,36
3.	Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Halus	2,623
		2,668
		2,748
4.	Analisa Saringan	
	$\frac{3}{4}$ "	100
	$\frac{1}{2}$ "	94,79
	$\frac{3}{8}$ "	83,23
	No.4	65,20
	No.8	48,36
	No. 16	36,27
	No.30	26,41
	No.50	27,67
	No.100	9,21
	No.200	3,89
	PAN	0,00
5.	Uji Material Lulus Saringan no. 200	6,2
6.	<i>Sand Equivalent</i>	97,337
6.	Nilai Setara Pasir	2,663
7.	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	>98
8.	Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i> semen	3,09



Gambar 2. Grafik analisa saringan agregat

1. Karakteristik Material

a. Agregat

Berikut ini hasil pengujian karakteristik agregat

100
94,79
83,23
65,20
48,36
36,27
26,41
27,67
9,21
3,89
0,00

Melalui pemeriksaan material lolos saringan No 200 didapatkan 6,2% dimana standarnya maksimal 10%. Percobaan ini menunjukkan material tersebut bersih dari lempung maupun lanau.

Melalui Penelitian Nilai Setara Pasir digunakan 2(dua) sampel, sehingga diperoleh hasil 97,336% merupakan nilai rata-rata *Sand Equivalent* sedangkan tingkat kadar lumpurnya 2,663%. Maka untuk tingkat kadar lumpur digunakan spesifikasi minimum 60% serta pada *Sand Equivalent*

minimum 5%, dimana sampel ini mencapai spesifikasi umum Bina Marga 2018. Pemeriksaan kelekatkan suatu agregat pada aspal didapatkan telah mencapai 98 % dimana telah memenuhi standar Bina Marga yaitu dengan standar 95%. Pemeriksaan partikel kepipihan dan kelonjongan Agregat Kasar telah mencapai syarat umum Bina Marga 2018.

b. Aspal

Aspal minyak penetrasi 60/70ialah aspal yang digunakan pada pengujian ini. Nilai penelitian pemeriksaan penetrasi didapatkan hasil nilai penetrasi 66,7 mm. Dimana minimum 60 "0,1" mm hingga maksimal 70"0,1"mm merupakan Persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Melalui pengujian daktilitas nilai rata-ratanya ialah 150 cm,dimana Persyaratannya yaitu Minimal 100 cm. Berdasarkan pengujian titik lembek aspal

diperoleh total nilai 50,2°C dimana persyaratannya berkisar antara 48–58°C. Berdasarkan penelitian Titik Nyala diperoleh hasil keseluruhan 290°C. Dimana syarat Umum Bina Marga 2018 mensyaratkan Minimal 200°C. Berdasarkan Berat Jenis dicapai nilai totalnya 1,015 gr/cc. dimana diketahui nilai minimalnya yaitu 1,0 gr/cc. Dengan pengujian penurunan berat aspal dapat diketahui nilainya yaitu 0,434% dimana persyaratannya Maksimal 0,8 %. Pada percobaan penetrasi pada TFOT nilai berat aspal didapatkan nilai totalnya 84,7%. Dimana persyaratannya Minimal 54%.

2. Marshall Konvensional

Hasil perhitungan *Bulk spesific gravity* dan *Effective spesific gravity* untuk campuran Laston Lapis Aus adalah 5,50%, 6,00%, 6,50%, 7,00%, dan 7,60% dan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Bulk Spesific Gravity Effective Spesific Gravity

Nilai	Kadar Aspal (%)				
	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50
Buk Spesific Gravity Agrerat	2,85	2,87	2,88	2,90	2,92
Effective Spesific Gravity Agrerat	2,89	2,91	2,92	2,94	2,95

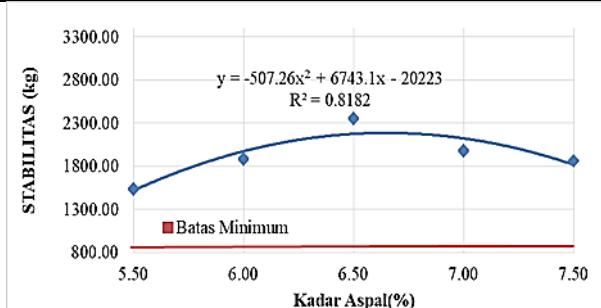
Hasil pemeriksaan karakteristik untuk pengujian marshall konvensional dapat dilihat pada tabel 8:

Tabel 8. Nilai karakteristik marshall konvensional

Kadar Aspal (%)	Karakteristik Marshall Konvensional dan Persyaratan				
	Stabilitas (Kg)	VIM(%)	Flow (mm)	VMA (%)	VFB (%)
	Minimal 800 Kg	3-5 %	2-4 mm	Min 15%	Min 65%
5,50%	1535.49	4,56	2.90	17.08	73.30
6,00%	1883.37	4.22	2,65	17.98	76.55
6,50%	2351.22	3.94	2.50	18.93	79.19
7,00%	1913.57	3.81	2,70	20.01	80.94
7,50%	1859.38	3.43	2.90	20.90	83.57

a. Stabilitas

Pada tabel 7 nilai stabilitas berkisar antara 1535.49 kg hingga 1859.38 kg, dan telah memenuhi spesifikasi. Grafik keterkaitan antar kadar aspal dan dapatkan Berdasarkan nilai stabilitasnya maka dibawah ini di terbentuk grafik keterkaitan antara stabilitas dan kadar aspal.



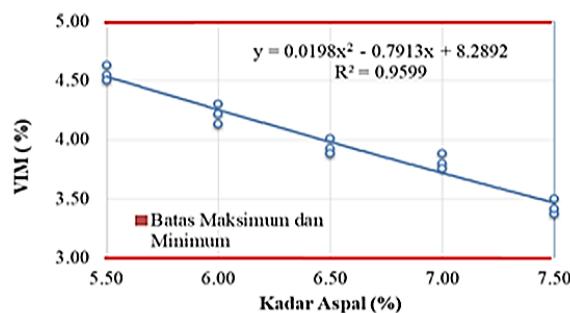
Gambar 3. Grafik hubungan kadar aspal dengan stabilitas

Menurut grafik 3 menunjukkan dalam campuran Laston Lapis Aus kadar aspal yang dipakai sedikit

maka selimut aspalnya tipis pada permukaan agregat sehingga kaitan antar agregatnya menjadi lemah hingga kekuatan campuran kecil, namun kaitan antar agregatnya akan menjadi lebih kuat ketika kadar aspalnya semakin meningkat (stabilitas campuran besar).

b. Void in Mix

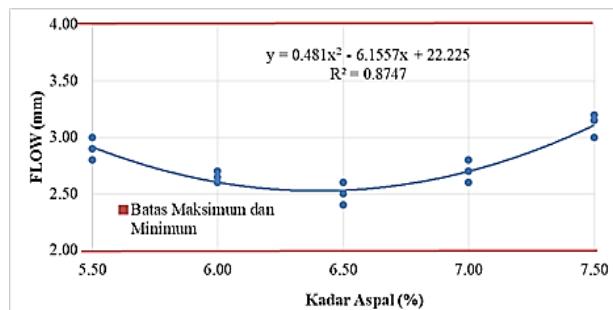
Perbandingan antara kadar aspal dengan nilai VIM dapat terbentuk grafik seperti gambar dibawah ini:



Gambar 4. Grafik hubungan kadar aspal dan VIM

Melalui grafik 4 diatas nilai VIM berkisar 3,43% - 4,56% dengan menggunakan kadar aspal 5%-7%. Hasil *Void in Mix* tersebut mencapai syarat, pada grafik di atas dilihat dari banyaknya aspal yang dipakai akan mendukung memasukkan rongga antar agregat pada campuran beraspal.

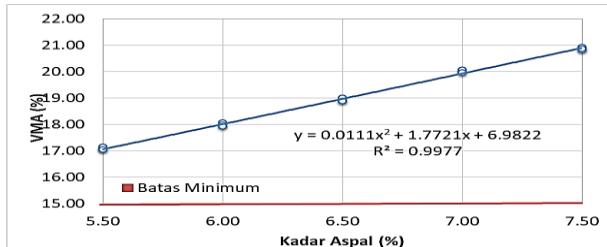
c. Flow



Gambar 5. Grafik hubungan kadar aspal dan flow

Pada grafik 5 diatas memperlihatkan jika nilai flow berkisar antara 290 mm hingga dengan 3.12 mm dimana telah memenuhi syarat spesifikasinya dan dapat dilihat pada table 5.

d. Void in Mineral Aggregate

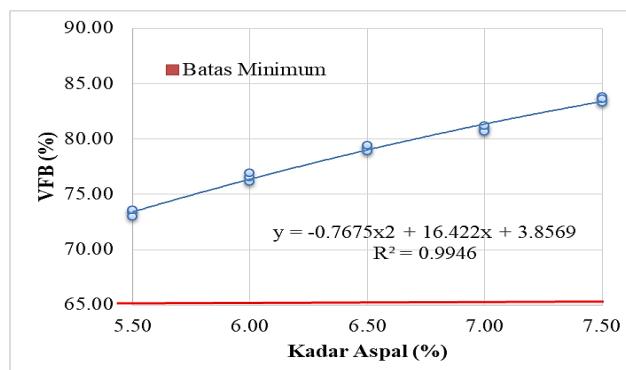


Gambar 6. Grafik hubungan kadar aspal dan VMA

Berdasarkan grafik 6 dapat dilihat bahwa Penggunaan kadar aspal 5,00%-7,00 %, diperoleh hasil VMA berkisar 17,08 % – 20,85 %, dan berdasarkan table 5 nilai VMA telah memenuhi spesifikasi. Karena dipengaruhi banyaknya aspal yang digunakan, dikarenakan kegunaan aspal ialah menyelimuti agregat namun memiliki kegunaan memenuhi rongga diantara agregat dan didalam partikel agregat.

e. Void Filled Bitumen

Pada tabel 5 dan grafik 7 menunjukkan hasil analisis Berdasarkan analisis VFB, menunjukkan nilainya berkisar 73,30% hingga 83,57% dan telah memenuhi spesifikasi.



Gambar 7. Hubungan kadar aspal dan VFB

3. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal praktis yang sangat rentang kadar aspal yaitu sebesar 5,50-7,5% dan sudah memenuhi syarat untuk campuran Laston Lapis Aus. Sehingga pada campuran Laston Lapis Aus yang mempunyai nilai vim terkecil yaitu 7,5% dikarenakan Laston Lapis Aus adalah lapis lapis *binder* yang mampu melindungi lapisan dibawahnya.

4. Stabilitas Marshall Sisa

Untuk penentuan kadar aspal optimum yaitu kadar aspal 7,5% kemudian direndam selama kurang

lebih 24 jam pada suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$. maka proses selanjutnya ialah membuat benda uji berdasarkan

kadar aspal tertinggi.

Tabel 9. Stabilitas marshall sisa

Kadar Aspal (%)	Nilai Stabilitas		SMS
	Konvensional	Immersion	
7,50	1847,39	1835,39	99,35
7,50	1859,39	1847,39	99,35
7,50	1871,38	1859,38	99,36
Rata-rata	1859,38	1847,39	99,35

Untuk mendapatkan nilai stabilitas *marshall* sisa pada campuran, berikut ini merupakan hasil uji dari stabilitas marshall sisa campuran, seperti dilihat pada tabel 9.

Nilai stabilitas *marshall* sisa didapatkan berdasarkan selisih antar stabilitas dari benda uji *Marshall* setelah dilakukan perendaman pada wadah berisi air selama 24 jam pada temperature 60°C terhadap stabilitas contoh uji *Marshall* melalui perendaman 0,5 jam (30 menit) pada suhu 60°C .

Melalui pengujian *Marshall Immersion* didapatkan stabilitas *marshall* sisa ialah 99,35% dengan kadar aspal 7,50%, dimana nilai minimumnya yaitu 90%, dimana sudah mencapai spesifikasi Bina Marga tahun 2018 minimal 90(%).

KESIMPULAN

Pemanfaatan Batu Gunung Sopai Kabupaten Toraja Utara untuk campuran Laston Lapis Aus, karakteristik aspal dan berat jenis *filler* memenuhi persyaratan berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga 2018.

Rancangan Komposisi pada campuran Laston Lapis Aus yang digunakan adalah kadar aspal yang memiliki nilai optimum yaitu 7,5% berdasarkan nilai vim terendah dengan memperhatikan jumlah agregat kasar, agregat halus dan berat jenis *filler*.

Berdasarkan hasil penelitian Karakteristik campuran Laston Lapis Aus di Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Kristen Indonesia Paulus melalui pengujian *Marshall Konvensional* diperoleh karakteristik campuran beraspal flow, VMA, VIM, VFB dan stabilitas telah memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S Sukirman, 2003, *Pekerjaan Lentur Jalan Raya*, Edisi Kedua. Bandung: Nova.
- [2] Direktorat Jendral Bina Marga, 2018, *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi jalan dan jembatan*. Jakarta Indonesia: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [3] Laboratorium Aspal, 2018, *Panduan Praktikum Jalan & Aspal Teknik Sipil*. Makassar: UKI-Paulus.
- [4] Direktorat Jendral Bina Marga, 2018, *Perkerasan Aspal Devisi 6*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum , 2018, *Ketentuan Sifat Sifat Campuran Beton Aspal*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [6] Laboratorium Jalan dan Aspal, 2018, *Metode Pengujian Agregat*. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.
- [7] Fani, A L, 2009, "Pemanfaatan Agregat Sungai Wanggar Kabupaten Nabire Sebagai Bahan Campuran AC-WC dan AC-BC," *Paulus Civ. Eng. J.*, Volume. 1, Nomor 2. Hlm. 28-36.
- [8] Palimbunga, G. P., 2020, "Penggunaan Agregat Sungai Batu Tiakka' Pada Campuran AC-BC," *Paulus Civ. Eng. J.*, Volume. 2, Nomor 2. Hlm. 112-118.
- [9] Yudi, A., 2020, "Karakteristik Campuran AC-WC dan AC-BC Menggunakan Bahan Tambah Serat Ijuk," *Paulus Civ. Eng. J.*, Volume. 1, Nomor 1. Hlm. 1-9.