

Pemanfaatan Agregat Sungai Pucak Kabupaten Maros Untuk Campuran Laston Lapisan Aus

Yospina Malingga¹, Robert Mangontan², Alpius³

*1 *Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia*
yospina.malingga@gmail.com

*2,3 *Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia*
robertmangontan52@gmail.com *2 dan alpiusnini@gmail.com *3

Corresponding Author : alpiusnini@gmail.com

Abstrak

Maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik agregat dari sungai Pucak sebagai Campuran Laston Lapisan Aus. Sehingga digunakan beberapa rangkaian penelitian mulai dari pengujian agregat (kasar dan halus), aspal dan filler, kemudian membuat komposisi sampai dengan pembuatan sampel Laston Lapisan Aus. Hasil dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari bahan perkerasan menggunakan agregat dari Sungai Pucak Kabupaten Maros dapat memenuhi persyaratan spesifikasi Umum Bina Marga 2018, untuk digunakan dalam lapisan jalan. Berdasarkan pengujian Marshall Konvensional maka diperoleh nilai Stabilitas, Kelelahan (flow), Void In Mix (VIM), Void In Mix Aggregate (VMA), dan Foid Filled With Bitumen (FVB) semua nilai yang didapatkan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Dan pengujian Marshall Immersion pada campuran Laston Lapisan Aus memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, dimana nilai Stabilitas Marshall Sisa yaitu $94,50 \geq 90 \%$.

Kata Kunci : Karakteristik Agregat, AC-WC, Marshall Test.

Abstract

The purpose of this test is to determine the aggregate characteristics of the Pucak river as Aus Layer Laston Mixture. So, several series of studies were used, starting from testing aggregates (coarse and fine), asphalt and filler, then making compositions to making samples of Laston Wear Layer. The results of this study are to determine the characteristics of the pavement material using aggregate from the Pucak River Maros Regency to meet the requirements of the 2018 General Bina Marga specification, to be used in road layers. Based on the Conventional Marshall test, the Stability, Meltability (flow), Void In Mix (VIM), Void In Mix Aggregate (VMA), and Foid Filled With Bitumen (FVB) all values obtained meet the General Specifications of Highways 2018. And testing Marshall Immersion in the Aus Layer Laston mixture meets the 2018 Highways General Specifications, where the value of the Marshall Remaining Stability is $94.50 \geq 90\%$.

Keywords: Aggregate Characteristics, AC-WC, Marshall Test.

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang sangat berpengaruh terhadap kemajuan pembangunan di berbagai aspek, antara lain aspek ekonomi, sosial, pariwisata, politik dan keamanan. Peran utama jalan yaitu untuk melayani perpindahan manusia, barang, dan jasa dari satu tempat ke tempat yang lain secara cepat, aman, dan nyaman. Perkerasan jalan merupakan lapisan yang letaknya antara roda kendaraan dengan tanah dasar. Fungsi dari lapisan perkerasan yaitu sebagai sarana untuk pelayanan transportasi dan juga diharapkan selama masa pelayanan tidak ada kerusakan yang terjadi [1] [2].

Kabupaten Maros merupakan daerah yang memiliki sumber material yang berupa batuan dan pasir sungai yang ketersediaannya cukup melimpah, namun belum dimanfaatkan sebagai bahan dasar untuk perkerasan jalan, khususnya lapisan aspal beton (Laston). Oleh sebab itu, agar dapat memanfaatkan material tersebut untuk campuran lapisan aspal beton, maka perlu dilakukan penelitian di Laboratorium mengenai karakteristik agregat, komposisi campuran, dan karakteristik pengujian marshall, sehingga dapat diketahui apakah agregat Sungai Pucak dapat dimanfaatkan untuk campuran Laston Lapisan Aus (AC-WC) berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018.

Laston Lapisan Aus (AC-WC) merupakan lapisan perkerasan yang langsung berhubungan terhadap beban lalu lintas, selain itu kedap air dan tahan dengan iklim [3] [4] [5]. Untuk pemanfaatan suatu agregat sebagai bahan campuran pada lapisan permukaan jalan khususnya untuk pekerjaan AC-WC, perlu dilakukan pengujian terhadap karakteristik dari material tersebut seperti nilai keausan, berat jenis curah maupun penyerapan agregat serta kadar lumpur dll sehingga dapat diketahui material tersebut memenuhi persyaratan ketetapan yang di tetapkan oleh (Bina Marga, 2018) [6] [7]. Selain karakteristik agregat, penentuan komposisi campuran perlu dilakukan sehingga pemanfaatan atau penggunaan aspal dapat diketahui. Karakteristik campuran dapat diketahui dengan melakukan pengujian Marshall Konvensional terhadap campuran yang dibuat untuk mengetahui stabilitas dan flow serta analisis rongga dalam campuran, rongga dalam agregat dan rongga yang terisi aspal. Untuk mengetahui ketahanan campuran terhadap suhu, temperatur dan iklim dilakukan pengujian Marshall Immersion.

Penelitian tentang pemanfaatan material lokal sebagai bahan lapisan permukaan jalan telah banyak dilakukan. Pemanfaatan Agregat Sungai Wanggar Kabupaten Nabire Sebagai Bahan Campuran AC-WC dan AC-BC [8]. Pemanfaatan Batu Gunung Bottomale Toraja Utara sebagai Campuran Laston [9]. Campuran HRS-WC Menggunakan Agregat Batu Gunung Desa Palipu Kecamatan Mengkendek Tana Toraja [10]. Pemanfaatan Batu Gunung Posi'padang Balla Kabupaten Mamasa Sebagai Campuran AC-BC [11]. Penggunaan Agregat Sungai Batu Tiakka' dalam Campuran AC-BC [12].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah batu dari Sungai Pucak Kabupaten Maros dapat digunakan sebagai agergat Campuran Laston Lapisan Aus dengan memfariasikan kadar aspal 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5% dan 7%. Ketentuan-ketentuan yang digunakan adalah mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Divisi 6.

METODOLOGI

1. Lokasi pengambilan material

Lokasi pengambilan material untuk bahan agregat dari Sungai Pucak Kecamatan Tompo Bulu, Kabupaten Maros. Material yang terdapat pada Sungai Pucak cukup memadai untuk digunakan keperluan pembangunan, namun selama ini agregat disana hanya digunakan sebagai bahan pembangunan dan

penimbun badab jalan. Jarak menuju ke lokasi ± 29 km dari Kota Maros. Dengan menggunakan kendaraan baik roda dua maupun roda empat. Lokasi pengambilan material dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta Lokasi Pengambilan Material

2. Pemeriksaan karakteristik material

a. Pemeriksaan karakteristik agregat

Pada penelitian ini, digunakan beberapa metode, seperti: Pengujian analisa saringan (SNI ASTM C136:2012), Pemeriksaan berat jenis curah (bulk) dan penyerapan agregat halus (SNI 1970:2016) dan agregat kasar (SNI 1969:2016), Pengujian Kadar Lumpur (SNI 03-4428-1997). Pemeriksaan Keausan menggunakan Mesin Los Angeles SNI 2417:2008). Pemeriksaan Butiran Lonjong dan Pipih (ASTM D4791-10). Pengujian Agregat Lolos Ayakan No.200 (SNI ASTM C117:2012). Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (SNI 2439:2011)

b. Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Dalam penelitian ini, digunakan beberapa metode seperti: Pengujian Penetrasi pada 25 °C (SNI 2456:2011), Titik Nyala dan Titik Bakar °C (SNI 2433:2011), Titik Lembek °C (SNI 2434:2011), Berat Jenis (SNI 2441:2011), Daktilitas pada 25 °C (SNI 2434:2011), Berat yang Hilang (%) (SNI 06-2441-1991) dan Pengujian Penetrasi pada TFOT (SNI 06-2456-1991)

c. Pemeriksaan Filler

Menurut SNI ASTM C136:2012, percobaan ini bertujuan mengetahui karakteristik filler, yang akan digunakan untuk campuran aspal sebagai bahan pengisi.

3. Rancangan Komposisi Campuran

Perencanaan campuran Laston Lapisan Aus yaitu menggunakan metode grafis dan analisis, dimana menggunakan tabel batasan spesifikasi gradasi yang dapat diketahui dengan menentukan batas gradasi ideal dengan mengambil nilai tengah dari setiap batasan gradasi, kemudian menghitung nilai yang didapatkan dari setiap fraksi kasar, fraksi halus, dan juga fraksi filler yang akan digunakan untuk setiap campuran laston lapisan Aus.

Tabel 1. Komposisi Campuran

Nomor Saringan	Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos	
		Batasan spesifikasi	Gradasi Rancangan Campuran
1½	37,5		
1	25		
¾	19	100	100
½	12,5	90 – 100	95
⅜	9,5	77- 90	83,5
No. 4	4,75	53 – 69	61
No.8	2,36	33 – 53	43
No.16	1,18	21 – 40	30,5
No.30	0,6	14 – 30	22
No. 50	0,3	9 – 22	15,5
No. 100	0,15	15-Jun	10,5
No. 200	0,075	4 – 9	6,5

4. Komposisi Campuran

Berdasarkan perhitungan kadar aspal perkiraan awal untuk Laston Lapisan Aus agregat gabungan di atas maka didapatkan tabel komposisi campuran Laston Lapisan Aus beserta dengan tabel proporsi filler dibawah ini:

Tabel 2 : Komposisi Campuran Laston Lapisan Aus

Material	Ukuran Saringan	Kadar Aspal				
		5%	5,5%	6%	6,5%	7%
	1 ½"					
	1"					
	¾"					
	½"	37,50	37,35	37,20	37,05	36,90
	⅜"					
	No.4					
	No.8					
	No.16					
Agregat Halus	No.30	51,50	51,20	51,90	50,60	50,30
	No.50					
	No.100					
	No.200					
Filler		6	5,95	5,90	5,85	5,80

Benda uji yang akan digunakan untuk pengujian Marshall ini adalah 18 buah, yang terdiri dari pengujian Marshall Konvensional yaitu 15 buah dan untuk pengujian Marshall Immersion yaitu 3 buah.

Tabel 3. Jumlah Benda Uji Campuran

Kadar Aspal (%)	Marshall Konvensional	Marshall Immersion
5	3	
5,5	3	
6	3	3
6,5	3	
7	3	
Total	15	3

5. Pengujian Marshall Konvensional

Benda uji yang digunakan tidak boleh kotor dan juga berminyak, kemudian harus diberi label untuk benda uji sebagai tanda pengenal dan untuk membedakan jumlah benda uji yang digunakan. Setelah itu kemudian dilakukan pengukuran setiap sampel dengan menggunakan alat ukur (jangka sorong). Dan terakhir sampel yang akan digunakan harus sesuai dengan pengukuran.

6. Menentukan KAO

Untuk dapat menentukan nilai KAO maka harus ditentukan dengan cara menggabungkan nilai-nilai Stabilitas, Flow, VIM, VMA, dan juga VFB sebagai titik ordinat, dan juga kadar aspal yang digunakan sebagai absis sehingga dicapai suatu range kadar aspal yang memenuhi kelima syarat tersebut selain itu fungsi dari KAO untuk campuran laston lapisan Aus adalah campuran yang harus kedap air, maka harus memiliki rongga yang kecil (VIM), dan tidak boleh memiliki rongga yang besar, sehingga pada saat di rendam campuran dapat tahan terhadap lamanya perendaman.

7. Pengujian Marshall Immersion

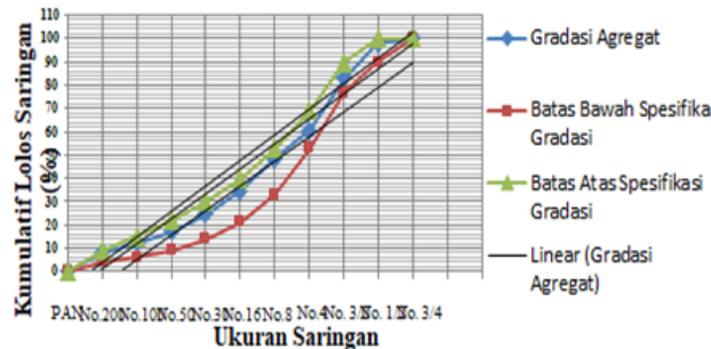
Marshall Immersion digunakan untuk mengetahui apakah campuran yang digunakan itu awet, maka hasil dari pengujian ini adalah rasio, dimana untuk membandingkan perendaman yang dilakukan dengan suhu 60°C dengan waktu kurang lebih 24 jam dengan benda uji yang direndam selama 30 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis karakteristik agregat

Berdasarkan data yang didapatkan maka di peroleh keausan agregat yang yaitu mulai dari Fraksi A (2,8%), Fraksi B (5,6%), Fraksi C (5,76%) dan Fraksi D (6,22%). Dapat diketahui semua hasil fraksi memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6, dimana nilai maksimum yang diperoleh sebesar 40%. Dari hasil yang didapatkan dengan memakai 2 sampel semuanya memenuhi (Bina Marga 2018 Divisi 6), dimana didapatkan hasil untuk berat jenis bulk (2,65%), berat jenis SSD (2,70%), berat jenis semu (2,78%) nilai tersebut ($\geq 2,5\%$) dan juga nilai penyerapan air ($1,87\% \leq 3\%$). Dari data hasil pemeriksaan yang diperoleh maka didapatkan hasil yaitu Berat Jenis Bulk (2,75%), Berat Jenis SSD (2,78%), Berat Jenis Semu (2,83%) dengan minimal 2,5% dan juga hasil Penyerapan Air (1,11%) dengan maksimal nilainya 3%. Semua nilai yang didapatkan memenuhi persyaratan (Bina Marga 2018).

Nilai ini dapat diketahui berdasarkan Gambar grafik Laston Lapisan Aus, sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Analisa Saringan Agregat

Hasil analisis saringan seperti pada Gambar 2 dapat dilihat sesuai dengan spesifikasi agregat dimana berada diantara batas bawah dan batas atas, sehingga grafik analisa saringan menunjukkan bahwa agregat dari Sungai Pucak Kabupaten Maros memenuhi (Bina Marga 2018). Berdasarkan hasil kadar lumpur data yang diperoleh yaitu 2,2% dengan nilai maksimal 10%, hasil ini menunjukkan bahwa nilai yang didapatkan memenuhi (Bina Marga 2018). Maka dapat diketahui material sungai Pucak tidak banyak mengandung kotoran. Dari hasil data yang didapatkan yaitu nilai sand equivalent (SE) sebesar 97,16% dan kadar lumpur 2,84%, dimana nilai ini memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, dimana nilai sand equivalen yaitu minimal 60% dan nilai kadar lumpur maksimalk5%. Untuk nilai data yang didapatkan yaitu 7,20%, 8,70%, 4,50% (nilai partikel pipih) serta 8,50%, 9,60%, 5,60% (nilai partikel lonjong). Dari nilai ini dapat ketahu bahwa semuanya memenuhi (Bina Marga 2018) dengan maksimal 10%.

Berdasarkan nilai yang didapatkan sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018, dimana nilai ini untuk berat jenis filler tidak ada batasan yang dicamtumkan dan jenis filler yang digunakan adalah semen portland.

2. Analisis Karakteristik Aspal

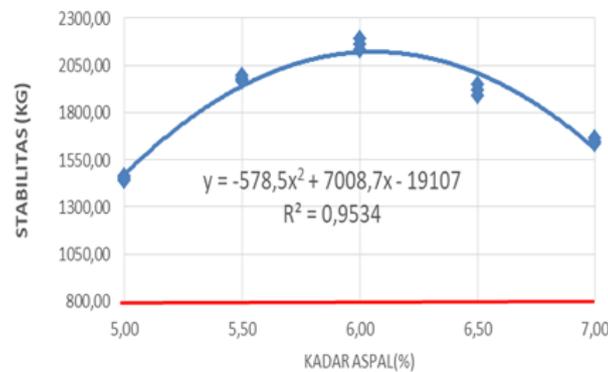
Berdasarkan standar spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu minimal 60(0,1)mm-70(0,1)mm telah memenuhi sesuai dengan hasil pengujian yang telah dilakukan dimana nilai yang didapatkan untuk nilai penetrasi yaitu 67,9 mm. Berdasarkan hasil data didapatkan yaitu 144cm. Nilai yang didapatkan sesuai syarat SNI 2432-2011dimana nilainya ≥ 100 cm. Dari hasil pengujian didapatkan rata-ratanya yaitu 55,5°C, dimana nilai yang didapatkan sesuai dengan ketentuan SNI 2434-2011 yaitu ≥ 48 °C. Berdasarkan SNI 2433-2011 didapatkan nilai Titik Nyala sesuai dengan standar yaitu nilai rata-rata 290°C. Dengan hasil didapatkan rata-rata (1,017 \geq 1,0 gr/cc), dimana nilai yang diperoleh sesuai dengan acuan (SNI 2441-2011). Nilai berat yang hilang diperoleh nilai rata-rata 0,349%, dimana nilai ini sesuai dengan pedoman dalam ketentuan dalam SNI 06-2441-1991 adalah $\leq 0,8$ %. Berdasarkan nilai penetrasi pada TFOT, diperoleh nilai rata-rata 82,5%, nilai ini sesuai dengan ketentuan yang disyaratkan yang ditentukan dalam SNI 03-6835-2002 adalah ≥ 54 %.

3. Marshall Konvensional

a. Stabilitas

Berdasarkan kadar aspal (5%-7%) maka diperoleh nilai Stabilitas antara (1448,60–1645,68). Semua nilai yang didapatkan semuanya memenuhi sebagai campuran Laston Lapisan Aus berdasarkan (Departemen Pekerjaan Umum 2018), apabila kadar aspal semakin tinggi maka nilai stabilitas yang diperoleh semakin

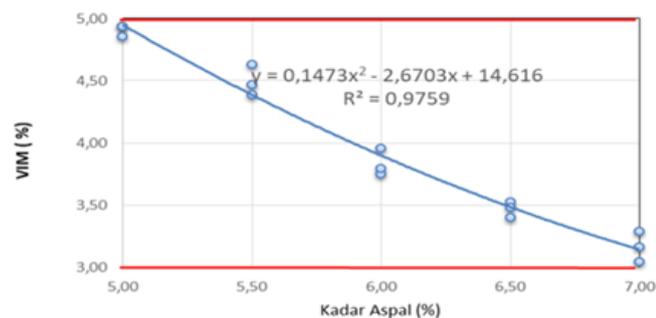
baik, tetapi apabila kadar aspal terus bertambah maka stabilitasnya semakin menurun karena rongga diantara agregat semakin mengecil.



Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas

b. VIM

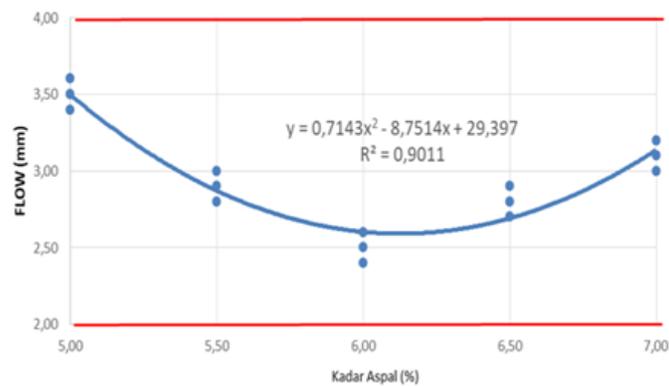
Untuk hasil yang didapatkan yaitu (4,91%-3,16%), sehingga dapat diketahui nilai yang diperoleh memenuhi spesifikasi untuk campuran Laston Lapisan Aus. Dari Gambar diatas dapat diketahui, apabila kadar aspal tinggi maka nilai VIM rendah, kemudian jika kadar aspalnya rendah maka nilai VIM tinggi. Hal ini di pengaruhi oleh penggunaan kadar aspal yang sedikit akan mengakibatkan jumlah aspal yang ada pada campuran hanya berfungsi untuk melekat dan menutupi dalam campuran.



Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VIM

c. Flow

Untuk hasil yang diperoleh yaitu (3,50mm-3,10mm), dimana nilai ini sesuai dengan Departemen Pekerjaan Umum 2018 Devisi 6 semuanya memenuhi spesifikasi.

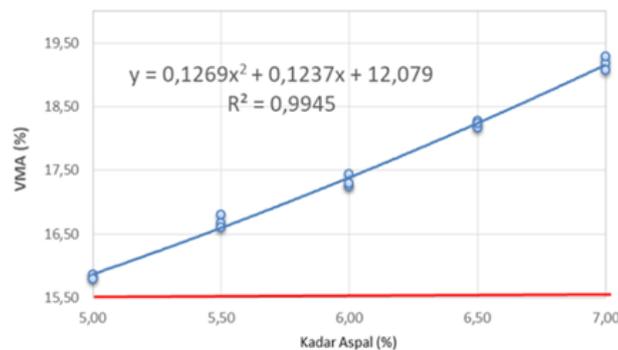


Gambar 5. Hubungan Kadar Aspal dengan Flow

Berdasarkan Gambar 5, dapat dilihat bahwa jika kadar aspal yang digunakan semakin sedikit maka nilai flow semakin besar tetapi jika kadar aspal terus bertambah maka nilainya semakin menurun. Namun apabila kadar aspal terus ditambahkan maka ikatannya semakin kecil.

d. VMA

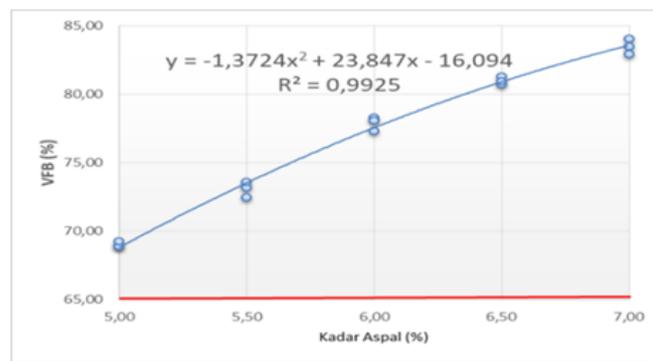
Berdasarkan perhitungan maka didapatkan nilai VMA yaitu 15,83%-19,18%. Dimana nilai yang diperoleh sesuai dengan Departemen Pekerjaan Umum Tahun 2018 Divisi 6 yaitu semua nilainya memenuhi spesifikasi. Nilai yang didapatkan berbanding lurus jika kadar aspal semakin rendah nilai VMA juga rendah, tetapi apabila kadar aspal yang digunakan semakin banyak maka nilai VMA juga tinggi begitupun sebaliknya. Nilai tersebut didapatkan karena aspal dapat membuat campuran menjadi semakin padat.



Gambar 6. Hubungan Kadar Aspal dengan VMA

e. VFB

Untuk campuran Laston Lapisan Aus dan memakai kadar aspal 5%-7%, maka didapatkan nilai VFB yaitu 69,02%-83,50%. Nilai VFB memenuhi Spesifikasi Umum Departemen Pekerjaan Umum 2018 Devisi 6.dari Gambar 12 dapat diketahui dimana nilai VFB dengan kadar aspal berbanding lurus, hal ini dipengaruhi oleh kadar aspal yang mengisi rongga agregat yang ada dalam campuran



Gambar 7. Hubungan Kadar Aspal dengan VFB

4. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Untuk nilai KAO yang digunakan untuk Laston Lapisan Aus adalah nilai VIM yang paling kecil yang diperoleh dalam campuran yaitu kadar aspal 7%. Dimana fungsi dari lapisan Aus adalah lapisan yang harus memiliki rongga paling kecil karena harus tahan terhadap cuaca dan juga pengaruh air, sehingga lapisan tidak mudah rusak sesuai dengan umur rencana dari perkerasan jalan.

5. Stabilitas Marshall Sisa

Apabila kadar aspal yang akan digunakan sudah diketahui, maka selanjutnya yang dilakukan adalah membuat benda uji untuk campuran laston lapisan Aus sesuai dengan kadar aspal yang digunakan yaitu 7% yang merupakan kadar aspal optimum. Setelah kemudian dilanjutkan dengan proses pengujian, dimana benda uji kemudian direndam di dalam air selama 24 jam dengan suhu 60°C. Nilai stabilitas marshall sisa untuk campuran laston lapisan Aus.

Tabel 5. Nilai Stabilitas

Kadar Aspal (%)	Marshall Konvensional	Marshall Immersion	Stabilitas Marshall Sisa
7	1660,78	1570,19	94,55
7	1645,68	1555,09	94,50
7	1630,58	1540,00	94,44
Rata-rata	1645,68	1555,09	94,50

Berdasarkan hasil perhitungan maka didapatkan nilai Stabilitas Marshall Sisa (SMS) yaitu (94,50%), nilai ini diperoleh dari penggunaan kadar aspal 7% berdasarkan KAO. Dimana hasil ini memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 Divisi 6 dimana nilainya minimal 90%. Dari hasil yang didapatkan dapat diketahui agregat dari sungai Pucak dapat digunakan untuk campuran Laston Lapisan Aus karena tahan terhadap air dan juga suhu.

KESIMPULAN

Nilai karakteristik dari agregat dari Sungai Pucak Kabupaten Maros, Aspal Penetrasi 60/70, dan juga filler (semen) semua nilainya memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

Berdasarkan hasil rancangan komposisi pada campuran Laston Lapisan Aus didapatkan komposisi campuran untuk 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 %.

Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Indonesia Paulus Makassar, karakteristik campuran Laston Lapisan Aus melalui pengujian Karakteristik campuran Marshall Konvensional diperoleh nilai Stabilitas, Kelelahan (flow), Void In Mix (VIM), Void In Mix Aggregat (VMA), dan Voids Filled With Bitumen (FVB) 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 94,50 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, Edisi Kedua. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, 2013.
- [2] 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.
- [3] R. Krebs D. dan R. Walker D., *Highway Materials*,. Michigan: McGraw-Hill, Universitas Michigan, 1971.
- [4] C. Kamba, "Pengaruh Penentuan Kadar Aspal Optimum Terhadap Kualitas Desain Campuran Beraspal," dalam *Proceeding Seminar Teknik Sipil UKI Paulus Makassar, Agustus 2013*, Makassar, 2013, hlm. 87–95.
- [5] Alpius dan A. Kusuma, "Performance of Laston AC-WC Mixture Using Asbuton LGA and Fakfak Materials," *Jour Adv Res. Dyn. Control Syst.*, vol. 11, no. 7, hlm. 656–663, 2019.
- [6] 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.
- [7] A. R. Seppo, R. Rachman, dan N. Ali, "Variasi Suhu Pematatan 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>.
- [8] L. A. Fani, Irianto, Elizabeth, dan 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.
- [9] R. Rachman, "Pemanfaatan Batu Gunung Bottomale Toraja Utara sebagai Campuran Laston," *J. Tek. Sipil Dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, hlm. 20–30, 2020.
- [10] Alpius, "Campuran HRS-WC Menggunakan Agregat Batu Gunung Desa Palipu Kecamatan Mengkendek Tana Toraja," dalam *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTeKS) - 13*, Banda Aceh, 2019, vol. 1, hlm. 431–441.
- [11] N. A. Salmon, Alpius, dan C. Kamba, "Pemanfaatan Batu Gunung Posi'padang Balla Kabupaten Mamasa Sebagai Campuran AC-BC," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 2, no. 2, hlm. 77–84, 2020.
- [12] G. P. Palimbunga, R. Rachman, dan Alpius, "Penggunaan Agregat Sungai Batu Tiakka' dalam Campuran AC-BC," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 2, no. 2, hlm. 112–118, 2020.