

Pemanfaatan Batu Sungai Karawa Kabupaten Pinrang Sebagai Agregat Campuran Laston Lapis Antara

Egipto Buli*¹, Alpius *², Louise Elizabeth Radjawane *³

*¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia egiptobuli0258@gmail.com

*^{2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia alpiusnini@gmail.com dan eliz_louise@yahoo.com

Corresponding Author: eliz_louise@yahoo.com

Abstrak

Penggunaan bahan lokal untuk material penyusun jalan perlu belum dioptimalkan, terutama di sekitar wilayah Karawa, sehingga saat ini material penyusun jalan masih menggunakan material dari daerah lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik batu Sungai Karawa, karakteristik aspal, berat jenis *filler* dan untuk mendapatkan komposisi campuran, serta karakteristik campuran melalui uji *marshall* konvensional dan uji *marshall immersion* digunakan untuk mengetahui stabilitas sisa *marshall* menggunakan kadar aspal optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik material perkerasan berupa batu sungai dari Sungai Karawa di Kabupaten Pinrang sebagai agregat campuran lapis antara memenuhi persyaratan untuk material lapisan perkerasan jalan. Karakteristik campuran lapis antara dengan kadar aspal 5,0%, 5,5 %, 6,0 %, 6,5 %, dan 7,0 % ditentukan dengan menggunakan uji *marshall*. Stabilitas *marshall* yang tersisa sebesar 97,47 % memenuhi standar Bina Marga tahun 2018, yaitu minimal 90 %, melalui hasil uji *marshall immersion* untuk lapisan antara campuran aspal dengan kadar aspal optimum 6,0 %.

Kata kunci: Karakteristik agregat, Sungai Karawa, Marshall konvensional, Marshall *immersion*

Abstract

Utilization of local materials for road building materials needs not to be optimized, especially around the Karawa area, so that currently road building materials are still using materials from other regions. This study aims to determine the characteristics of the Karawa River stone, asphalt characteristics, specific gravity of the filler and to obtain the composition of the mixture, as well as the characteristics of the mixture through the conventional marshall test and the marshall immersion test used to determine the stability of the remaining marshall using optimal asphalt content. The results showed that the characteristics of the pavement material in the form of river stone from the Karawa River in Pinrang Regency as an intermediate mixture aggregate met the requirements for road pavement material. The characteristics of the intermediate mixture with asphalt content of 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5%, and 7.0% were determined using the Marshall test. The remaining marshall stability of 97.47% meets the 2018 Bina Marga standard, which is at least 90%, through the results of the marshall immersion test for layers between asphalt mixtures with an optimum asphalt content of 6.0%.

Keywords: Aggregate Characteristics, Karawa river, Conventional marshall, Immersion marshall

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana penghubung terpenting antara pusat-pusat kegiatan sektor ekonomi dan sosial, terbukti dengan meningkatnya volume lalu lintas yang sejalan dengan meningkatnya status sosial masyarakat. Ada juga tren peningkatan jumlah kendaraan yang melewati jalan secara global. Kebutuhan pengguna jalan adalah kenyamanan, keamanan, dan mobilitas saat berada di jalan. Perkerasan jalan harus memenuhi kriteria fungsional dan struktural masyarakat pengguna jalan agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat pengguna jalan. Persyaratan fungsional berkaitan dengan kekuatan lapisan antara perkerasan jalan, sedangkan persyaratan kondisi struktural berkaitan dengan kapasitas untuk menjaga kondisi fungsional pada tingkat yang dapat diterima. Oleh karena itu untuk menghasilkan struktur perkerasan jalan laston lapis antara yang baik, maka diperlukan material yang mempunyai mutu tinggi karena lapis antara jalan harus mempunyai kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas. Oleh karena itu, diperlukan pemeriksaan laboratorium untuk mengetahui apakah material yang akan digunakan memenuhi standar standar Bina Marga 2018. Sungai Karawa Kecamatan Lembang Kabupaten Pinrang, memiliki sumber material yang cukup untuk digunakan sebagai bahan campuran perkerasan jalan namun belum dimanfaatkan secara optimal dan belum. Oleh karena itu, diperlukan penelitian tentang karakteristik batuan Sungai Karawa untuk menentukan apakah agregat tersebut memenuhi standar Bina Marga, dan topik ini diangkat dalam tugas akhir berjudul Pemanfaatan Batu Sungai Karawa Kabupaten Pinrang Sebagai Agregat Campuran Laston Lapis Antara.

Lapisan perkerasan merupakan lapisan perantara yang berada di antara lapisan keausan (*worn course*) dan lapisan pondasi (*base course*). Lapisan antara biasanya digunakan untuk melayani kategori lalu lintas sedang dan tinggi, sedangkan lapisan keausan melindungi perkerasan dari pengaruh air dan memberikan permukaan yang halus. Lapisan ini tidak terpengaruh secara langsung oleh cuaca, tetapi harus cukup tebal dan kaku untuk mengurangi tegangan dan regangan akibat beban lalu lintas. Lapisan pondasi berfungsi sebagai penyebar beban roda dan lapisan resapan, sedangkan lapisan atas adalah lapisan halus dan kasar. Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.

Agregat menurut adalah campuran butiran batu pecah, kerikil, pasir, abu batu, dan bahan galian lainnya, baik alam maupun buatan. Agregat yang akan digunakan dalam proyek harus digabungkan sedemikian rupa sehingga proporsi campuran aspal sesuai dengan formulasi campuran kerja. Agregat secara umum dikategorikan menjadi dua jenis berdasarkan ukuran butir-nya: agregat kasar dan agregat halus.

Filler, sering dikenal sebagai agregat pengisi, adalah agregat halus yang biasanya lolos filter nomor 200. *Filler* adalah zat yang digunakan dalam campuran beton aspal untuk mengurangi rongga, mengurangi permeabilitas, dan meningkatkan kekuatan tarik. Debu batu gamping (*limestone dust*), semen portland, *fly ash*, *stone ash*, dan elemen non-plastik lainnya dapat digunakan sebagai *filler*.

Aspal padat sampai sedikit padat dan termoplastik pada suhu kamar. Ketika dipanaskan sampai suhu tertentu, aspal menjadi lunak (*cair*), memungkinkan untuk mengelilingi partikel agregat dalam beton aspal atau masuk ke pori-pori di perkerasan atau pelapis saat penyemprotan atau penyiraman. Aspal akan memadat dan mengikat agregat pada tempatnya saat suhu turun (sifat termoplastik). Aspal adalah komponen kecil dari konstruksi perkerasan lentur, terhitung sekitar 4-10 % berat atau 10-15 % volume. Aspal berfungsi sebagai perekat agregat dalam campuran aspal-beton, sehingga sangat penting untuk menjaga kelengketan, titik lunak, dan fleksibilitasnya. Aditif pada aspal dapat digunakan untuk mempertahankan atau meningkatkan daya rekat, titik lunak, dan kelenturan, serta untuk membekukan dan mencairkan saat suhu turun.

Adapun hasil penelitian sejenis lainnya yang di gunakan sebagai acuan dalam penelitian yaitu penggunaan batu Gunung Baba dalam campuran AC-BC dengan hasil nilai stabilitas 1167,61 Kg –

1015,66 Kg dengan lamanya waktu perendaman 0,5 jam –60 jam [1], penggunaan batu dari Sungai Pattunuan Kabupaten Maros pada campuran AC-BC menghasilkan nilai marshall sisa sebesar 91,69% dan memenuhi spesifikasi jalan raya tahun 2018 [2], penggunaan batu Gunung Barani dalam campuran AC-BC menghasilkan nilai kadar aspal optimum 6% [3], pemanfaatan batu Gunung Baba pada campuran AC-BC menghasilkan kadar aspal optimum 7,5%, dengan komposisi agregat kasar 36,75%, agregat halus 50,00%, *filler* 5,75% [4]. Pemanfaatan batu Gunung Patando untuk campuran laston lapis antara dengan hasil kadar aspal optimum 6% dan indeks kekuatan sisa sebesar 93,47% [5], penggunaan batu zeolite pada campuran laston lapis antara dengan hasil *nilai Indirect Tensile Strength* dan *Immersion* semakin menurun seiring dengan bertambahnya persen substitusi zeolite [6]. Penggunaan batu kapur sebagai bahan pengisi pada AC-BC dengan metode kepadatan mutlak menghasilkan kadar aspal 5,9% dengan karakteristik stabilitas (kg) = 896,92 > 800, *Flow* (mm) = 4,09 > 2,0, *Marshall Quotient* (kg/mm) = 217,28 > 200, VIM Marshall (%) = 5,135 > 4,9 – 5,9, VIM PRD (%) = 2,661 > 2,5, VMA (%) = 14,341 > 14, VFB (%) = 63,431 > 63 [7], penggunaan limbah kaca sebagai substitusi agregat halus pada campuran AC-BC dengan hasil nilai stabilitas sisa pada kadar aspal 5,9%, 5,4%, 5,2%, 5,1%, dan 4,9% memenuhi spesifikasi jalan raya, Bina Marga 2018 [8], penggunaan batu gunung pada campuran AC-BC, agregat dari Molobog dan Kakaskasen menghasilkan Material yang berasal dari Molobog memiliki berat jenis tinggi dan penyerapan rendah, sedangkan material dari Kakaskasen memiliki berat jenis rendah dan penyerapan tinggi [9].

METODOLOGI

1. Lokasi Pengambilan Material

Lokasi pengambilan material berada di Desa Karawa, Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Dengan lebar sungai ± 45m dan panjang ±12000m yang berjarak sekitar ± 60 km dari Kota Pinrang dimana aliran airnya dari pegunungan Karawa. Untuk akses jalan menuju lokasi pengambilan agregat sudah bisa dilalui dengan menggunakan kendaraan roda empat. Peta lokasi pengambilan agregat dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi pengambilan agregat

2. Pengambilan Material

a. Agregat

Sungai Karawa, Desa Karawa, Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang menyediakan agregat tersebut. Pengambilan material dilakukan dengan turun langsung ke lokasi Sungai Karawa, lalu mengambil batu sungai dengan tangan lalu kemudian dimasukkan ke dalam karung. Adapun berat material yang diambil sekitar 27 kg dengan ukuran mulai dari 60 mm sampai 150 mm dan pengambilan sampel batu dilakukan di berbagai lokasi yang berada di Sungai Karawa kemudian sampel dibawa ke Laboratorium Jalan dan Aspal UKI Paulus Makassar untuk digunakan sebagai bahan penelitian.

b. Aspal

Untuk pengujian ini, aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Baddoka Makassar.

3. Perancangan Campuran Laston Lapis Antara

Agregat yang digunakan dalam campuran laston lapis antara harus memenuhi standar spesifikasi. Aspal panas (*hotmix*) merupakan komposisi campuran laston lapis antara yang akan digunakan. Aspal panas menggunakan campuran yang terdiri dari berbagai komponen agregat. Berikut komposisi campuran dimulai dari saringan No. 1 (25 mm) dengan spesifikasi gradasi 100 % dengan gradasi ideal 100 % kemudian saringan No. 3/4 (19 mm) dengan spesifikasi gradasi 90-100 % dengan gradasi ideal 95% lalu saringan No. 1/2 (12,5 mm) dengan spesifikasi gradasi 75-90 % dengan gradasi ideal 82,5 % kemudian saringan No. 3/8 (9,5 mm) dengan spesifikasi gradasi 66-82 % dengan gradasi ideal 74 % selanjutnya saringan No. 4 (4,75 mm) dengan spesifikasi gradasi 46-64 % dengan gradasi ideal 55 % kemudian saringan No. 8 (2,36 mm) dengan spesifikasi gradasi 30-49 % dengan gradasi ideal 39,5 % lalu saringan No. 16 (1,18 mm) dengan spesifikasi gradasi 18-38 % dengan gradasi ideal 28 % selanjutnya saringan No. 30 (0,6 mm) dengan spesifikasi gradasi 12-28 % dengan gradasi ideal 20 % kemudian saringan No. 50 (0,3 mm) dengan spesifikasi gradasi 7-20 % dengan gradasi ideal 13,5 % selanjutnya saringan No. 100 (0,15 mm) dengan spesifikasi gradasi 5-13 mm dengan gradasi ideal 9 mm dan yang terakhir saringan No. 200 (0,075 mm) dengan spesifikasi gradasi 4-8 mm dengan gradasi ideal 6 mm. Untuk lebih jelasnya ukuran dari jenis agregat didasarkan pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Divisi 6 seperti pada Tabel 1.

$$\text{Gradasi campuran} = \frac{\text{batas bawah spesifikasi gradasi} + \text{batas atas spesifikasi gradasi}}{2}$$

$$\text{Gradasi campuran ayakan 19 mm} = \frac{90+100}{2} = 95$$

Tabal 1. Campuran Laston Lapis Antara

Nomor Saringan Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agraret dalam Campuran		
	Laston Lapis Antara		
	Spesifikasi Gradasi	Gradasi Campuran	
1 1/2	37,5		
1	25	100	100

3/4	19	90 – 100	95
1/2	12,5	75 – 90	82,5
3/8	9,5	66 – 82	74
4	4,75	46 – 64	55
8	2,36	30 – 49	39,5
16	1,18	18 – 38	28
30	0,6	12 – 28	20
50	0,3	7 – 20	13,5
100	0,15	5 – 13	9
200	0,075	4 - 8	6

4. Perhitungan Kadar Aspal Untuk Laston Lapis Antara

Berdasarkan perhitungan kadar aspal perkiraan awal untuk laston lapis antara gradasi agregat gabungan diatas maka didapatkan tabel komposisi campuran laston lapis antara untuk masing-masing kadar aspal dan juga tabel komposisi *filler*, sebagai berikut:

Tabel 2. Komposisi Aspal Dalam Campuran Laston Lapis Antara

Kadar aspal	5,00	5,5	6,00	6,5	7,00
Berat aspal (gr)	60,00	66,00	72,00	78,00	84,00
Berat agregat (gr)	1140	1134	1128	1122	1116
Berat total	1200	1200	1200	1200	1200

5. Persiapan Benda Uji Laston Lapis Antara

Setelah mendapatkan perhitungan kadar aspal perkiraan awal untuk laston lapis antara, maka selanjutnya persiapan sampel yang terdiri dari agregat kasar, agraret halus, *filler* pada setiap kadar aspal yang telah dihitung sesuai standar dan spesifikasi yang telah ditentukan.

6. Pengujian *Marshall* Konvensional Campuran Laston Lapis Antara

Stabilitas mengacu pada kemampuan campuran aspal untuk menerima beban lalu lintas sampai dengan terjadinya pelelehan, sedangkan *flow* mengacu pada suatu kondisi di mana bentuk campuran aspal berubah untuk jangka waktu tertentu karena beban. Prosedur pelaksanaan pengujian *marshall* konvensional lama perendaman yaitu dilakukan selama 30 menit dengan suhu 60 °C. Benda uji yang akan digunakan dan gradasi agregat campuran tertentu, sesuai dengan spesifikasi campuran. Pengujian *marshall* konvensional ini mengikuti prosedur menurut SNI 06-2489-1991 (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018). Tahap pengujian yang dilakukan pada metode *marshall* konvensional yaitu dengan melakukan, pengujian di laboratorium untuk mendapatkan nilai stabilitas, kelelehan (*flow*), *Voids In Mix* (VIM), *Void In Mineral Aggregate* (VMA) dan *Voids Filled With Bitumen* (VFB).

7. Kadar Aspal Optimum Campuran Laston Lapis Antara

Setelah pengujian *marshall* konvensional selesai, perhitungan dilakukan untuk menentukan kadar aspal yang optimal. Teknik *marshall* digunakan untuk mengolah data yang diperoleh dan memasukkannya ke dalam tabel data desain *hotmix*, menghasilkan hasil stabilitas, aliran, densitas campuran, dan densitas agregat. Kadar aspal optimum ditentukan berdasarkan campuran yang sesuai dengan kriteria/karakteristik campuran dengan nilai stabilitas maksimum, tergantung pada persyaratan lapisan antara campuran aspal sebagai lapisan antara. Karena lapisan perantara berfungsi sebagai lapisan pendukung, [5]

8. Pembuatan Benda Uji Campuran Kadar Aspal Optimum

Berikut penentuan kadar aspal yang sesuai. Selain itu, benda uji ulang dibuat untuk kadar aspal optimum dari kombinasi *intermediate layer*, dan metode *marshall immersion* digunakan untuk pengujian lebih lanjut.

9. Pengujian Marshall Immersion

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur kapasitas campuran terhadap waktu perendaman, suhu, dan air. Satu-satunya perbedaan antara tes ini dan tes *marshall* normal adalah waktu yang dihabiskan untuk direndam dalam penangas air. Teknik uji *marshall immersion* (uji imersi) didefinisikan sebagai uji perendaman 24 jam pada suhu 60°C, menurut AASHTO T.165-74 atau ASTM D.1075-54 (1969). Metode uji *marshall* digunakan dalam penyelidikan ini selama 24 jam pada suhu tetap 60°C sebelum pemuatan. Rasio stabilitas adalah hasil dari pengujian ini. Rasio ini membandingkan stabilitas spesimen *marshall* setelah 24 jam perendaman dalam penangas air pada suhu 60°C dengan stabilitas spesimen yang direndam selama 30 menit, yang dikenal sebagai stabilitas *marshall residual*.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Karakteristik Bahan

A. Analisis Karakteristik Agregat

a. Keausan Agregat

Berdasarkan hasil pengujian keausan agregat menggunakan alat abrasi *Los Angeles*, Fraksi A memiliki nilai ketahanan aus sebesar 32 %, Fraksi B memiliki nilai ketahanan aus sebesar 31,8 %, Fraksi C memiliki nilai ketahanan aus sebesar 26 %, dan Fraksi D memiliki nilai ketahanan aus sebesar 28,8 %. Berdasarkan hasil seluruh pengujian, masing-masing fraksi telah memenuhi Spesifikasi Umum Jalan Raya 2018, dengan nilai maksimal 40%. Seperti yang dapat diamati, agregat sungai Karawa yang digunakan sebagai material lapisan antar jalan memiliki kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan dan regangan.

b. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

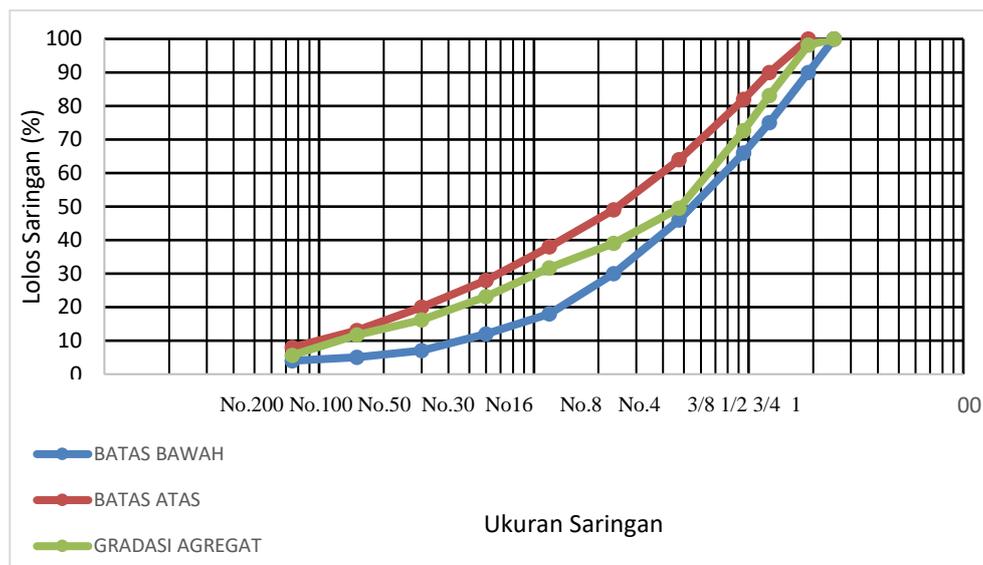
Density curah 2,62 %, densitas SSD 2,66 %, kerapatan semu 2,73 %, dan penyerapan air 1,57 %, menurut temuan pengukuran berat jenis dan penyerapan agregat kasar menggunakan dua sampel. Semua hasil pengujian memenuhi Spesifikasi Umum untuk Jalan Raya 2018, yang meliputi densitas curah, berat jenis SSD, dan *density* semu minimal 2,5 %, serta penyerapan air maksimum 3%, atau penyerapan agregat sedang.

c. Gravitasi dan Penyerapan Spesifik Agregat Halus

Berdasarkan hasil uji berat jenis dan penyerapan agregat halus, berat jenis sebesar 2,72 %, berat jenis SSD sebesar 2,75 %, massa jenis semu sebesar 2,80 %, dan daya serap air sebesar 1,11 %. Kepadatan curah, berat jenis, kerapatan semu minimal 2,5 %, dan penyerapan air maksimum 3 % hal menunjukkan hasil pengujian memenuhi Spesifikasi Umum Jalan Raya 2018.

d. Analisa Saringan Agregat

Nilai analisis ayakan dihitung dengan menggunakan hasil uji analisis ayakan agregat sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Analisa Saringan

Gambar 2 menunjukkan grafik hasil analisis ayakan berupa gradasi dan spesifikasi agregat, dengan gradasi agregat yang berada di antara batas atas dan batas bawah (mendekati batas bawah menunjukkan gradasi agregat halus).

e. Bahan Lolos Saringan No. 200

Menurut hasil pengujian, material tersebut lolos saringan No. 200 dengan rendaman 3,8 %, sehingga memenuhi Spesifikasi Jalan Raya Umum 2018, yang memungkinkan maksimum 10%.

f. Hasil Uji Nilai Ekuivalen Kandungan Lumpur

Hasil uji kadar lumpur dengan nilai rata-rata ekuivalen pasir (SE) adalah 96,08 % dan kadar lumpur 3,92 %, berdasarkan hasil uji kadar lumpur dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 , yang membutuhkan minimal pasir ekuivalen 50% dan kandungan lumpur maksimal sehingga agregat dari batu Sungai Karawa memiliki kadar lumpur yang cukup rendah.

g. Hasil Pengujian Partikel Pipih dan Lonjong

Pengujian untuk partikel agregat kasar pipih dan lonjong. Partikel pipih diperoleh dari hasil pengujian partikel agregat kasar rata dan lonjong yaitu 9,57 %, 8,04 %, 3,23 %, dan 0,00 %. 8,95 %, 9,45 %, 4,71 %, dan 0,00 % adalah partikel lonjong.

h. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Daya lekat agregat pada aspal diuji dan menghasilkan nilai 97,00 %, yang memenuhi Spesifikasi Umum Jalan Raya 2018 minimal 95 %.

i. Hasil Pengujian Berat Jenis *Filler* (Semen)

Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 tidak memiliki nilai batas kerapatan *filler*. Semen *Portland* digunakan sebagai bahan pengisi.

B. Karakteristik Analisis Aspal

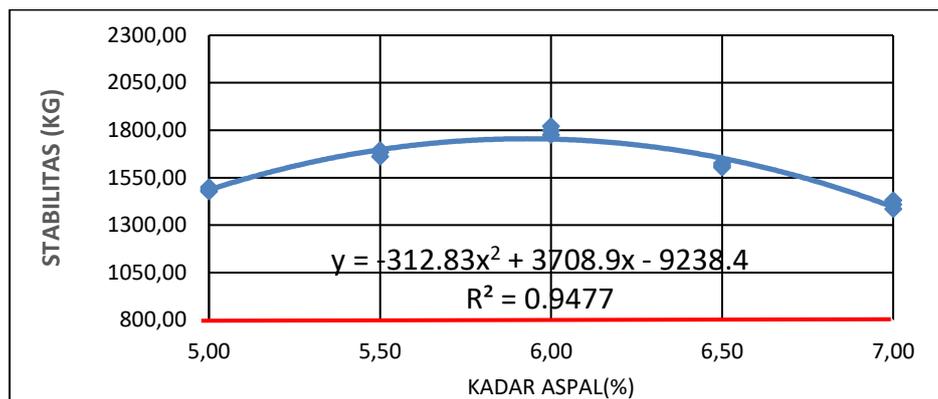
Aspal yang digunakan dalam penelitian ini untuk produksi campuran beton lapis antara adalah aspal penetrasi minyak 60/70, dan hasil pengujian karakteristik dapat dilihat pada pada tabel di bawah ini.

Tabel 3 . Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Jenis	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan	Ket
Penetrasi pada suhu 25 °C	SNI-2456 – 2011	65,7	60 – 70	0,1 mm	Memenuhi standar
Daktilitas pada suhu 25	SNI 2432 – 2011	150	≥ 100	Cm	Memenuhi standar
Titik lembek aspal	SNI 243 4 – 2011	54	≥ 48	°c	Memenuhi standar
Titik Nyala (°C)	SNI 2433 – 2011	240	≥ 232	°c	Memenuhi standar
Berat Jenis	SNI 2441 – 2011	1.016	≥ 1,0		Memenuhi standar
Berat yang Hilang	SNI 06 – 2411 – 1991	0,184	≥ 0,8	%	Memenuhi standar
Penetrasi pada suhu 25 °C TFOT	SNI 2456 – 2011	84, 47	≥ 54	% Semula	Memenuhi standar

C. Analilis Terhadap Stabilitas

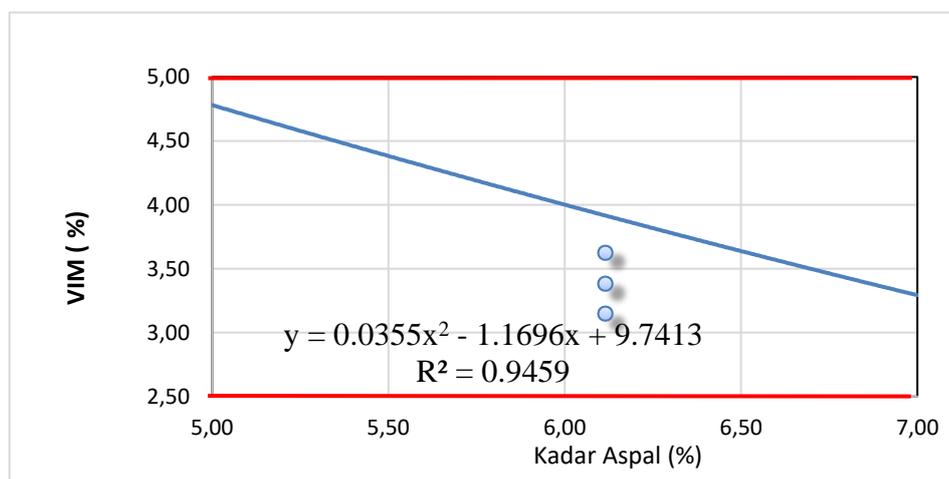
Nilai stabilitas kadar aspal 5,00 %-7,00 % adalah 1487,850 kg, untuk kadar aspal 5,50 % meningkat menjadi 1678,600 kg, untuk kadar aspal 6,00 % meningkat menjadi 1796.865 kg, untuk kadar aspal 6,50 % menurun menjadi 1613.745 kg, dan untuk kadar aspal 7,00 % turun menjadi 1407.735 kg. Spesifikasi Umum Jalan Raya Tahun 2018 berlaku untuk semua nilai stabilitas dengan kadar aspal 5,00 %-7,00 %. Nilai stabilitas maksimum sebesar 1796.865 kg diperoleh dari kombinasi yang mengandung kadar aspal 6%, yang dapat dilihat dari berbagai nilai stabilitas. Gambar 3 menunjukkan bahwa penggunaan aspal dalam jumlah sedikit pada campuran antara akan menghasilkan lapisan aspal yang tipis pada permukaan agregat sehingga menyebabkan *interlocking* yang lemah dan stabilitas campuran yang rendah, sedangkan penggunaan jumlah yang banyak akan menghasilkan selimut aspal yang tebal pada permukaan agregat sehingga menyebabkan *interlocking* yang kuat dan stabilitas campuran yang tinggi. aspal akan merubah bentuk plastis campuran sehingga menyebabkan kestabilan campuran menjadi rendah, sehingga kadar aspal yang ideal untuk mendapatkan kestabilan yang tinggi adalah kadar aspal 5%-7%.



Gambar 3. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas Campuran Laston Lapis Antara

D. Analilis Terhadap VIM (*Void in Mix*)

Dengan menggunakan kadar aspal 5,00 %-7,00 % memiliki nilai VIM sebesar 4,785 %, 5,50 % memiliki nilai VIM sebesar 4,382 %, 6,00 % memiliki nilai VIM sebesar 3,974 %, 6,50 % memiliki nilai VIM sebesar 3,673 %, dan 7,00 % memiliki nilai VIM sebesar 3,279 %. Seluruh nilai VIM dengan kadar aspal 5,00 %-7,00 % memenuhi Spesifikasi Umum Jalan Raya 2018. Karena aspal berfungsi sebagai pengikat dan pengisi rongga-rongga pada campuran aspal, maka semakin tinggi kadar aspal yang digunakan maka semakin rendah nilai VIM, begitu pula sebaliknya semakin rendah kadar aspal yang digunakan maka semakin tinggi nilai VIM, seperti terlihat pada Gambar. 4. Kandungan aspal yang banyak dapat mengubah bentuk plastis campuran dan mengubah kekuatan/kemampuan campuran, selain mengurangi volume ruang udara dalam agregat.

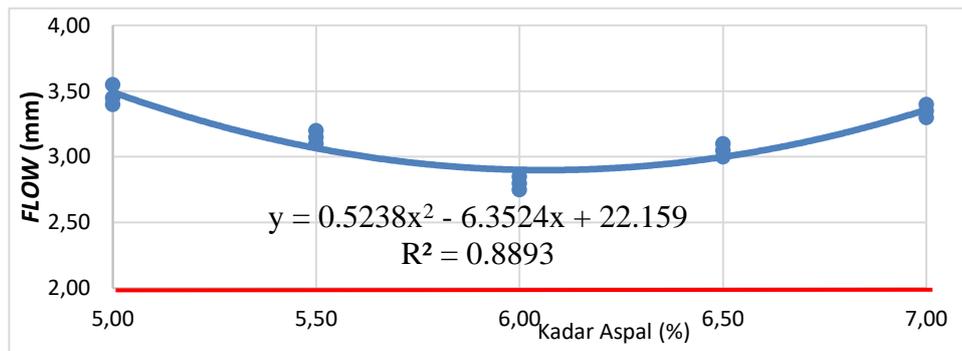


Gambar 4. Hubungan Kadar Aspal dan VIM Campuran Laston Lapis Antara

E. Analilisis Terhadap *Flow*

Dengan menggunakan Nilai *flow* untuk kadar aspal 5,00 % adalah 3,47 mm, 3,15 mm untuk kadar aspal 5,50 %, 2,80 mm untuk kadar aspal 6,00 %, 3,05 mm untuk kadar aspal 6,50 %, dan 3,35 mm untuk kadar aspal 7,00 %. menggunakan kadar aspal 5,00 %-7,00 %. Spesifikasi Umum Jalan Raya Tahun 2018 dipenuhi oleh semua nilai *flow* dengan kadar aspal 5,00 % hingga 7,00 %. Menurut

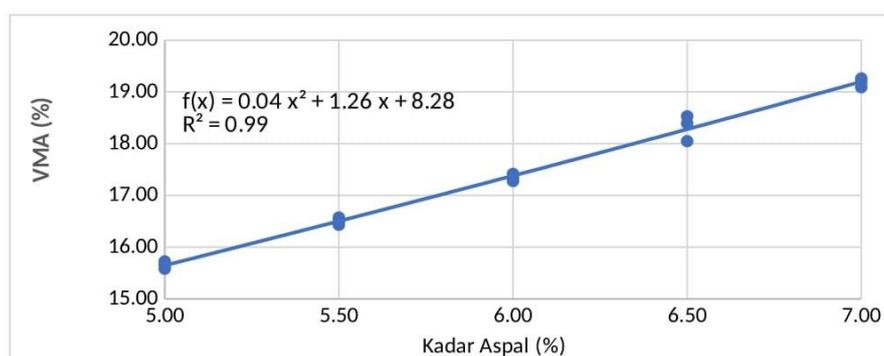
Gambar 5, jika jumlah aspal yang digunakan dalam campuran aspal rendah, ikatan antar agregat berkurang, mengakibatkan pelelehan yang besar namun, jika jumlah aspal yang digunakan dalam campuran meningkat, selimut aspal mengental, menyebabkan kekuatan campuran menurun sementara hasil meningkat, menyiratkan bahwa kekuatan/stabilitas campuran akan berbanding terbalik dengan hasil campuran atau aliran.



Gambar 5. Hubungan Kadar Aspal dan *Flow* Campuran Laston Lapis Antara

F. Analisis Terhadap VMA (*Voids In Mineral Aggregate*)

Berdasarkan Nilai VMA untuk kadar aspal 5,00 % adalah 15,65 %, 5,50 % adalah 16,50 %, 6,00 % adalah 17,35 %, 6,50 % adalah 18,32 %, dan kadar aspal 7,00 % hingga 19,18 % adalah 18,32 %. Semua kandungan aspal telah memenuhi Spesifikasi Umum Jalan Raya 2018. Banyaknya aspal yang digunakan berdampak pada hal ini karena selain sebagai penutup (aspal efektif), aspal juga mengisi ruang antar agregat dan di dalam partikel agregat. Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin banyak aspal yang digunakan, semakin besar pula rongga-rongga dalam agregat yang terisi aspal, sehingga mengakibatkan naiknya nilai VMA. Hal ini dipengaruhi oleh suhu pemadatan yang lebih rendah yang dibutuhkan aspal untuk mengisi ruang-ruang dalam partikel agregat, sehingga menghasilkan selimut aspal yang lebih tebal.

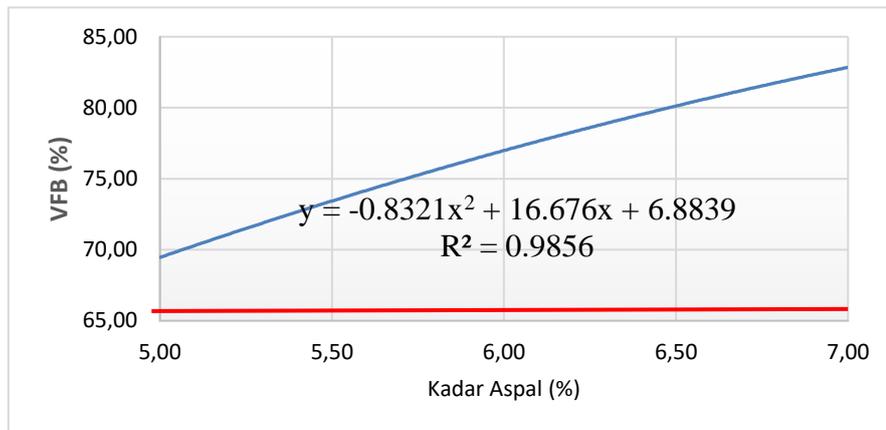


Gambar 6. Hubungan kadar aspal dan VMA campuran Laston Lapis Antara

G. Analisis Terhadap VFB (*Voids Filled With Bitumen*)

Bila menggunakan kadar aspal 5,00 % - 7,00 %, nilai VFB untuk kadar 5,00 % meningkat menjadi 69,44 %, kadar aspal 5,50 % meningkat menjadi 73,45 %, kadar aspal 6,00 % meningkat menjadi 77,09 %, kadar aspal meningkat 6,50 % menjadi 79,96 %, dan kadar aspal 7,00 % meningkat menjadi 82,91 %. Gambar 6 menunjukkan bahwa peningkatan kadar aspal dalam campuran menurunkan nilai VFB sedikit karena rongga dalam campuran diisi dengan aspal lebih sedikit. Penggunaan campuran

kadar aspal yang tinggi, sebaliknya, meningkatkan VFB karena peningkatan kadar aspal menyebabkan rongga-rongga dalam campuran terisi aspal.



Gambar 7. Hubungan Kadar Aspal dan VFB Campuran Laston Lapis Antara

H. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan hasil analisis karakteristik campuran, kadar aspal praktis pada campuran lapis antara adalah kadar aspal yang memenuhi semua kriteria atau karakteristik campuran lapis antara, dan kadar aspal optimum pada campuran akhir lapis antara adalah kadar aspal pada kisaran 5,00 % - 7,00 %. Karena lapisan antara aspal dan lapisan pengikat atau lapisan penopang harus memberikan daya dukung yang kuat untuk lapisan di atasnya, maka lapisan tengah campuran aspal dengan stabilitas maksimum pada kadar aspal 6,00 % dipilih sebagai kadar aspal optimum.

I. Stabilitas Marshall Sisa

Setelah penentuan kadar aspal optimum, tahap selanjutnya adalah membuat benda uji berdasarkan kadar tersebut, yaitu 6% untuk campuran lapisan antara yang direndam selama 24 jam pada suhu 60°C. Nilai stabilitas *marshall* sisa campuran laston lapis antara dapat dilihat pada Tabel 4.

Berikut ini adalah rumus stabilitas *marshall* :

$$\text{Stabilitas } \textit{marshall} \text{ sisa} = \frac{\text{rata-rata stabilitas } \textit{marshall} \text{ immersion}}{\text{rata-rata stabilitas } \textit{marshall} \text{ konvensional}}$$

$$\text{Stabilitas } \textit{marshall} \text{ sisa} = \frac{1751,09}{1796,87} \times 100 \%$$

$$= 97,47 \%$$

Tabel 4. Stabilitas *Marshall* Sisa

Persyaratan	Min 90	Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa
Kadar Aspal (%)	Stabilitas	(SMS %)
6,00	1773,98	
6,00	1796,87	
6,00	1819,76	
Rata-rata Stabilitas <i>Marshall</i> Konvensional	1796,87	

6,00	1762,53	99,35
6,00	1751,09	97,45
6,00	1739,64	95,60
Rata-rata Stabilitas <i>Marshall Immersion</i>	1751,09	97,47
Stabilitas Marshall Sisa (SMS %)	97,47	

Perendaman *marshall* adalah pengujian untuk mengetahui daya tahan suatu campuran (ketahanan terhadap beban dan pengaruh suhu); rasio stabilitas adalah hasil dari tes ini. Rasio Stabilitas *marshall sisa* membandingkan stabilitas *marshall* setelah 24 jam perendaman dalam penangas air bersuhu 60°C dengan stabilitas *marshall* setelah 30 menit perendaman (SMS). Berdasarkan hasil pengujian *marshall immersion test*, stabilitas *marshall* kombinasi lapisan antara aspal dengan kadar aspal 6,00 % adalah 97,47 %. Nilai stabilitas *marshall sisa* telah memenuhi Spesifikasi Umum Jalan tahun 2018 yaitu minimal 90%. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa campuran beton lapis antara menggunakan agregat dari Sungai Karawa di Kabupaten Pinrang dapat bertahan pada suhu tinggi dan terendam air dalam waktu yang lama. Apabila nilai stabilitas *marshall* kurang dari 90 % maka campuran agregat aspal digolongkan menjadi aspal lunak karena tidak dapat tahan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh suhu dan air.

KESIMPULAN

Perancangan komposisi campuran lapisan antara menggunakan agregat Sungai Karawa dari Kabupaten Pinrang, dengan kadar aspal 5,00 %, 5,50 %, 6,00 %, 6,50 %, dan 7,00 %. Dengan komposisi kombinasi agregat kasar 42,82 %, agregat halus 45,73 %, dan semen 5,45 %, didapatkan kadar aspal yang optimal adalah 6,00 % (pengisi).

Nilai stabilitas, aliran, VMA, dan VFB selalu meningkat dengan meningkatnya konsentrasi aspal, tetapi nilai VIM turun, sesuai dengan temuan pengujian atribut campuran *marshall* lapisan menengah yang khas.

Nilai *Marshall Remaining Stability* (SMS) hasil *marshall immersion test* pada kombinasi lapisan antara aspal dengan kadar aspal optimal 6,00 % adalah 97,47 %, menunjukkan telah memenuhi Standar Spesifikasi Umum Jalan Raya 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Pasilaputri, A. and L. E. Radjawane, "Durabilitas Campuran AC-BC yang Menggunakan Batu Gunung Baba Kabupaten Tana Toraja," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 3, pp. 361-367, 2021.
- [2]Y. E. Pangalo, A. and L. E. Radjawane, "Pemanfaatan Batu Sungai Pattunuang Kabupaten Maros Pada Campuran AC-BC," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 26-32, 2022.
- [3]I. Tambing, A. and L. E. Radjawane, "Kajian Penggunaan Batu Gunung Barani Untuk Bahan Campuran AC-BC," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 40-46, 2021.
- [4]J. Alfrian, A. and L. E. Radjawane, "Pengujian Karakteristik Campuran AC-BC Yang Menggunakan Batu Gunung Baba, Tana Toraja," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 1-7, 2021.

- [5]N. Debi, R. Rachman and A. , "Penggunaan Batu Gunung Patangdo Kapa' Kabupaten Tana Toraja Dalam Campuran AC-BC," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 23-29, 2021.
- [6]S. H. A. Bale and A. A. Nugraha, "Pemanfaatan Batu Zeolite Sebagai Agregat Kasar pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Starbit E-60," *Teknisia*, vol. XXV, no. 1, pp. 43-50, 2020.
- [7]I. M. A. Ariawan, "Penggunaan Batu Kapur Sebagai Filler pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course dengan Metode Kepadatan Mutlak," *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 11, no. 1, 2007.
- [8]Syaripin; Suparma, Latif Budi; Mulyono, Agus Taufik;, "Pengaruh Substitusi Limbah Kaca Terhadap Agregat Halus pada Campuran Laston AC-BC," in *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke-24*, Jakarta, 2021.
- [9]O. G. Mandang, L. G. J. Lalamentik and J. E. Waani, "Kajian Penggunan Agregat Batu Gunung Untuk Bahan Campuran AC (Studi Kasus Agregat Desa Molobog dan Desa Kakaskasen)," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 7, no. 12, pp. 1585-1592, 2019.