

Pengujian Karakteristik Campuran HRS-WC menggunakan batu sungai Makawa Kecamatan Walenrang Utara

Kristiloresta Marianto*¹, Alpius*², Charles Kamba*³

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

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

ABSTRAK

Penelitian ini dimaksudkan untuk menguji karakteristik campuran HRS-WC dengan memanfaatkan agregat batu sungai Makawa Kecamatan Walenrang Utara berdasarkan pengujian laboratorium. Metodologi dalam penelitian ini adalah melakukan serangkaian pengujian karakteristik berupa agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal lalu merancang komposisi campuran kemudian membuat benda uji berupa campuran HRS-WC serta pengujian Marshall konvensional untuk penentuan KAO setelah itu pembuatan benda uji KAO untuk mendapatkan Indeks Perendaman (IP) / Indeks Kekuatan sisa (IKS). Hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium Jalan dan Aspal Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, menunjukkan bahwa karakteristik bahan perkerasan berupa agregat batu sungai Makawa kecamatan Walenrang Utara memenuhi spesifikasi bahan lapisan permukaan jalan. Melalui uji Marshall diperoleh karakteristik campuran HRS-WC dengan kadar aspal 5,9%, 6,4%, 6,9%, 7,4%, 7,9% memenuhi persyaratan yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2018. Hasil pengujian Marshall Immersion campuran HRS-WC pada kadar aspal optimum 6,4% mendapatkan Indeks Perendaman (IP)/Indeks Kekuatan Sisa (IKS) / Durabilitas campuran sebesar 94,41% yang berarti melampaui syarat batas yaitu $\geq 90\%$ sehingga campuran tahan terhadap perendaman dalam air.

Kata kunci : Karakteristik, HRS-WC, Agregat, Walenrang Utara.

ABSTRACT

This study was intended to examine the characteristics of the HRS-WC mixture by utilizing the Makawa river stone aggregate in North Walenrang District based on laboratory testing. The methodology in this research is to conduct a series of characteristics testing in the form of coarse aggregate, fine aggregate, filler and asphalt and then design the composition of the mixture then make the specimen in the form of HRS-WC mixture and conventional Marshall test for the determination of KAO after that making KAO test specimens to obtain the Immersion Index (IP) / Residual Strength Index (IKS). The results of research conducted at the Road and Asphalt Laboratory of the Faculty of Civil Engineering, Indonesian Christian University Paulus Makassar, showed that the characteristics of the pavement material in the form of Makawa river stone aggregate in North Walenrang sub-district met the specifications of the road surface layer material. Through the Marshall test the HRS-WC mix characteristics were obtained with asphalt content of 5.9%, 6.4%, 6.9%, 7.4%, 7.9% fulfilling the requirements issued by the Directorate General of Highways of the Ministry of Public Works of the Republic of Indonesia, General Specifications 2018. Marshall Immersion test results of HRS-WC mixture at optimum asphalt content of 6.4% get a Soaking Index (IP) / Residual Strength Index (IKS) / Durability of a mixture of 94.41% which means it exceeds the boundary conditions of $\geq 90\%$ so the mixture is resistant to soaking in water.

Keywords: Characteristics, HRS-WC, Aggregate, North Walenrang.

PENDAHULUAN

Hot Rolled Sheet (HRS) adalah lapisan permukaan non struktural yang memiliki agregat gradasi senjang. Jenis campuran ini ialah beraspal yang digunakan sebagai bahan pelapis suatu lapisan permukaan pada perkerasan jalan raya untuk menerima dan meneruskan beban lalu lintas ke lapisan dibawahnya serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang melindungi konstruksi dibawahnya [1]. Lapisan Tipis Aspal Beton (LATASTON) yang

selanjutnya di sebut Hot Rolled Sheet (HRS), terdiri dari dua jenis campuran yaitu HRS Pondasi (HRS-Base) dan HRS Lapis Aus (HRS-Wearing Course). Campuran ini ditunjukkan untuk jalan dengan lalu lintas rencana kurang dari 1.000.000 ESA. Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, maka campuran harus di rancang sampai memenuhi ketentuan yang diberikan dalam spesifikasi yang telah ditentukan [2]. Fungsi dari Hot Rolled Sheet (HRS) adalah sebagai lapisan penutup untuk mencegah masuknya air dari

permukaan kedalam konstruksi perkerasan, sehingga dapat mempertahankan kekuatan konstruksi sampai tingkat tertentu [1]. Keistimewaan Hot Rolled Sheet (HRS) yaitu mempunyai keawetan tinggi tetapi stabilitasnya rendah. Oleh sebab itu bersifat non structural. Hot Rolled Sheet (HRS) sangat cocok dipakai di daerah tropis seperti Indonesia utamanya pada Kabupaten Luwu Provinsi Sulawesi Selatan.

Pemerintah saat ini menyarankan untuk menggunakan material yang ada pada sekitar lokasi pembangunan jalan, guna untuk memanfaatkan semaksimal mungkin potensi alam dari daerah tersebut. Sungai Makawa yang terletak di Kecamatan Walenrang Utara Kabupaten Luwu merupakan daerah yang memiliki sumber material yang berupa batu kerikil.

Dalam merancang suatu komposisi campuran khususnya Hot Rolled Sheet - wearing course (HRS-WC) tentunya membutuhkan Material - Material yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisian (Filler) dan aspal. Bahan-bahan yang digunakan harus memenuhi pengujian sehingga dapat diketahui apakah bahan-bahan tersebut layak atau tidak digunakan sebagai bahan campuran HRS-WC. Untuk menentukan layak tidaknya suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan campuran dapat dilihat dari hasil pengujian apakah memenuhi spesifikasi atau tidak [2].

Untuk mendapatkan campuran yang baik perlu harus dilakukan suatu perencanaan campuran yang baik pula, data-data yang perlu diperhatikan dalam perencanaan campuran adalah jenis agregat, bahan pengisi, gradasi agregat, mutu agregat, jenis aspal.

Campuran Hot Rolled Sheet – wearing course (HRS-WC) membutuhkan bahan-bahan seperti Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm) [3], Dalam campuran, fungsi atau peranan agregat kasar ialah sebagai penahan mortar, maksudnya bila ada tekanan terhadap campuran akan menimbulkan kecenderungan flow tersebut akan ditahan oleh agregat kasar sehingga jumlah agregat kasar dalam campuran sangat berpengaruh terhadap stabilitas dan kekuatan perkerasan jalan . Berdasarkan ukuran butirnya, agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (filler). Agregat dibedakan menjadi Agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan no. 8 (2,36 mm). Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 8 (2,36 mm). Bahan pengisi adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan no. 30 (0,60 mm) [3].

Penelitian sebelumnya yang meneliti tentang HRS antara lain Londongsalu at.al (2019) meneliti Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Coarse yang Menggunakan Batu Dari Buntao'

Toraja Utara [4]. Putra at.al (2019) meneliti tentang Pengaruh Penggunaan Serat Rotan Terhadap Stabilitas Dan Durabilitas Untuk Bahan Tambah Campuran Laston [5]. Bunga at.al (2019) meneliti Effect of Collision Variation towards the Index Retained Strength of Mixed Asphalt Concrete Wearing Course [6]. Kamba C & Rachman R. (2018) meneliti tentang Marshall Characteristics Test On Hot Rolled Sheet Base Combine Using Nickel Slag For Half Gap Graded [7]. Kusuma A dan Rachman R (2018) meneliti tentang Study Characteristics of Nickel Slag For Gradient Gap on Mixture Hot Rolled Sheet Base [8]. Daud at.al (2020) meneliti tentang Study of HRS-WC Mixture Performance Using the Waste of Crude Palm Oil Ash as Filler [9]. Meitari et.al (2019) meneliti tentang Pengujian Batu Apung Sebagai Filler pada Campuran HRS-Base [10]. Alpius (2018) meneliti Effects of Additional Rattan Fiber on Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC) Stability [11].

Selain itu beberapa peneliti yang meneliti penggunaan material local untuk perkerasan jalan antara lain Rachman R (2019) meneliti Pemanfaatan Batu Gunung Bottomale Toraja Utara sebagai Campuran Laston [12]. Alpius (2019) meneliti tentang Campuran HRS-WC Menggunakan Agregat Batu Gunung Desa Palipu Kecamatan Mengkendek Tana Toraja [13]. Demmalino at.al meneliti tentang Pengujian Slag Nikel Sebagai Pengganti Agregat pada Campuran HRS-Base [14].

Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui karakteristik batu sungai Makawa kecamatan Walenrang Utara, untuk mengetahui nilai proporsi yang di gunakan pada campuran dan untuk mengetahui Karakteristik campuran melalui pengujian Marshall Konvensional dan nilai indeks kekuatan sisa melalui pengujian Marshall Imersion.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Pengambilan material dilakukan untuk mendapatkan contoh material yang akan diteliti dilaboratorium. Lokasi pengambilan material dilakukan di sungai makawa Kecamatan Walenrang utara dan material dimasukkan kedalam karung dan selanjutnya dibawa ke Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar. Lokasi pengambilan material dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Material

2. Pemeriksaan Karakteristik Agregat

a. Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Analisa Saringan mengacu pada SNI ASTM C136: 2012, maksud pemeriksaan ini ialah untuk mengetahui keausan agregat akibat faktor-faktor mekanis. Keausan ini dinyatakan dengan perbandingan antara berat benda yang aus (Lolos Saringan No.12) terhadap berat total semula dan dinyatakan dalam persen (%).

Pengujian Abrasi dengan Mesin Los Angeles mengacu pada SNI 2417-2008. Maksud pemeriksaan yaitu untuk mengetahui ukuran butiran agregat dan gradasi agregat kasar untuk keperluan desain dan campuran agregat dengan menggunakan saringan.

Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat mengacu pada SNI 03-1969-2016. Maksud pemeriksaannya ialah untuk menentukan nilai berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan mengelompokkan berdasarkan berat jenisnya.

Nilai Setara Pasir mengacu pada SNI 03-4428-1997. Maksud pemeriksaan ini ialah untuk mengetahui tingkat presentase kadar lumpur dari suatu agregat halus.

Kelekatan Agregat Terhadap Aspal mengacu pada SNI 2439-2011. Maksud pemeriksaan ini ialah untuk mengukur angka kelekatan agregat terhadap aspal, penentuan ini dilakukan secara visual dan dinyatakan dalam persen (%).

Material Lolos Ayakan No.200 mengacu pada SNI C117:2012. Maksud pemeriksaan ini ialah untuk mengukur presentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 sehingga berguna bagi perencanaan dan pelaksana pembangunan jalan.

Partikel Pipih dan Lonjong mengacu pada ASTM D4791-10. Maksud pemeriksaan ini ialah menentukan indeks kepipihan dan kelonjongan suatu agregat yang dapat digunakan.

Pengujian Berat Jenis Filler mengacu pada (SNI C136:2012). Maksud pengujian yaitu untuk menentukan berat jenis filler dari Semen.

b. Pengujian Karakteristik Aspal

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Penetrasi 25°C (0,1 mm) mengacu pada SNI 06-2456-2011). Maksud pengujian yaitu untuk menentukan tingkat kekerasan aspal yaitu dalamnya suatu jarum masuk ke dalam aspal pada suhu tertentu yang dibebani dengan beban tertentu selama waktu tertentu.

Pengujian Titik Lembek °C mengacu pada SNI 2434-2011. Maksud pengujian yaitu untuk menentukan/mengetahui suhu dimana aspal mulai lembek.

Pengujian Daktilitas 25°C mengacu pada SNI 2432-2011. Maksud pengujian yaitu untuk mengetahui kekenyalan aspal yang dinyatakan dengan panjang pemuluran aspal yang dapat tercapai hingga sebelum putus.

Titik Nyala (°C) mengacu pada SNI 2433-2011. Maksud pengujian yaitu untuk menentukan/mengetahui suhu dimana timbul nyala pada permukaan benda uji (aspal).

Berat Jenis mengacu pada SNI2441-2011. Maksud pengujian bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal terhadap air suling.

Berat Yang Hilang (TFOT) (%) mengacu pada SNI-06-2441-1991. Maksud pengujian untuk mengetahui kehilangan minyak pada aspal akibat pemanasan yang berulang dan bertujuan untuk mengukur perubahan kinerja aspal akibat kehilangan berat.

Pengujian Penetrasi pada 25°C TFTO (%) mengacu pada SNI 2456:2011. Maksud dari pengujian ini ialah mendapatkan kekerasan aspal dengan melakukan pengujian penetrasi menggunakan alat penetrometer, dimana pengujian ini akan menjadi acuan penggunaan aspal.

3. Standar spesifikasi

Standar spesifikasi yang akan di pakai dalam pengujian ini adalah spesifikasi direktorat jenderal bina marga 2018 [3]. Jika karakteristik bahan memenuhi spesifikasi maka dilanjutkan rancangan campuran dan jika benda uji tidak memenuhi spesifikasi maka langsung ketahap pembahasan.

4. Rancangan Komposisi Campuran

Rancangan komposisi campuran HRS-WC yang digunakan adalah campuran panas (Hot mix).

Perencanaan campuran HRS-WC yang digunakan berdasarkan metode grafis dan analitis yaitu

dengan menggunakan tabel batasan spesifikasi gradasi campuran lalu menentukan gradasi ideal yaitu nilai tegah dari masing-masing batasan spesifikasi gradasi selanjutnya menghitung proporsi dari setiap fraksi yaitu fraksi kasar, fraksi halus dan fraksi filler serta kebutuhan aspal campuran. Spesifikasi gradasi selanjutnya menghitung proporsi dari setiap fraksi yaitu fraksi kasar, fraksi halus dan fraksi filler serta kebutuhan aspal campuran. Gradasi yang digunakan adalah gradasi senjang. Rancangan campuran dapat dilihat pada tabel 1.

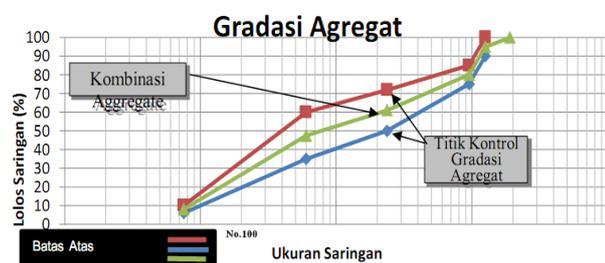
Tabel 1. Rancangan campuran

Ukuran Saringan		Spesifikasi BM 2010 (%)	Gradasi Rancangan (%)
Inchi	mm		
3/4"	19.000	100	100
1/2"	12.500	90 - 100	95
3/8"	9.500	75 - 85	80
No.4	4.750	-	-
No.8	2.360	50 - 72	61
No.16	1.180	-	-
No.30	0.600	35 - 60	48
No.50	0.300	-	-
No.100	0.150	-	-
No.200	0.075	6 - 10	8

Rancangan kadar aspal campuran untuk setiap kenaikan 0,5% yaitu: 5,9%,6,4%,6,9%,7,4%,7,9%. Rancangan komposisi campuran dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rancangan komposisi campuran

Material	Uk. Saringan	Kadar Aspal				
		5,9%	6,4%	6,9%	7,4%	7,9%
Agregat Kasar	3/4"					
	1/2"	18,03	17,87	17,7	17,53	17,37
	3/8"					
Agregat Halus	No.8					
	No.30	69,05	68,8	68,55	68,3	68,05
	No.200					
Filler		7,02	6,93	6,85	6,77	6,68



Gambar 2. Grafik Gradasi Campuran

5. Pembuatan Benda Uji

Bahan yang digunakan dalam campuran laston HRS-WC gradasi senjang harus memenuhi standar spesifikasi. Komposisi campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi yang

berdasarkan pada Departemen Pekerjaan Umum 2010

Pengetesan benda uji ini dilakukan dengan menggunakan alat marshall test. Setelah semua bahan yang diperoleh lulus uji,tahapan selanjutnya adalah jumlah benda uji dan penyiapan bahan campuran sesuai dengan komposisi campuran (Mix Design) yang diperoleh.

Tabel 3. Jumlah benda uji

Kadar aspal	Marshall Konvensional	Marshall Immertion
5,9%	3	
6,4%	3	
6,9%	3	3
7,4%	3	
7,9%	3	
Total	15	3

6. Pengujian Marshall Konvensional

Standar rujukan : Pengujian Marshall konvensional mengacu pada SNI 06-2489-1991. Maksud pengujian ini untuk nilai karakteristik Marshall yaitu VIM, Flow,MQ,VMA dan Satabilitas. Ada tiga tahap pengujian yang dilakukan dalam metode Marshall Konvensional yaitu melakukan pengukuran berat jenis, pengukuran stabilitas dan flow serta pengukuran kelekatan dan analisa rongga.

7. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Setelah pengujian Marshall Konvensional maka dilakukan perhitungan untuk menentukan kadar aspal optimum. Nilai hasil pengujian marshall konvensional dimasukkan pada table data Hot Mix Desain metode Marshall. Kadar aspal optimum didapatkan dari nilai rataan tertinggi dari grafik hubungan stabilitas, kepadatan campuran yang dipadatkan dengan kadar aspal. Kadar aspal praktis dalam campuran beton aspal yaitu kadar aspal yang memenuhi semua kriteria atau karakteristik.

Berdasarkan persyaratan campuran HRS-WC sebagai lapisan penutup/pelindung maka kadar aspal optimum ditentukan berdasarkan campuran yang memenuhi kriteria/karakteristik campuran dimana memiliki nilai Voite In Mix (VIM) terbesar. Karena jika campuran dengan rongga besar (VIM) masih tahan terhadap perendaman, yang rongganya lebih kecil pasti lebih tahan jika terendam.

8. Pengujian Marshall Immersion

Pengujian ini prinsipnya sama dengan pengujian marshall standar, hanya waktu perendaman di dalam wakterbath yang berbeda. Ada dua metode uji perendaman marshall (immersion test) yaitu uji perendaman selama 4x24 jam dengan suhu ± 50 dan uji perendaman selama 1x24 jam dengan suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$. pada metode ini dipakai metode uji perendaman (marshall) selama 1x24 jam dalam

suhu konstan 60°C sebelum pembebanan diberikan.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

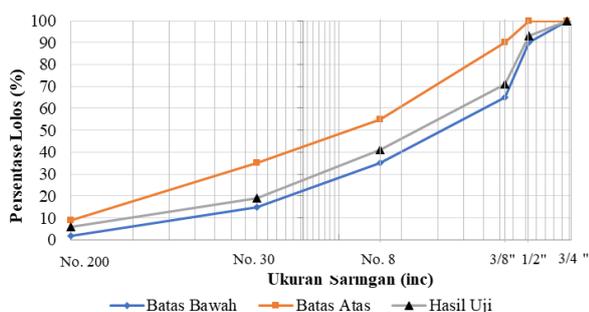
1. Pengujian Agregat

a. Pengujian keausan

Hasil pengujian keausan agregat dengan menggunakan Alat Abrasi Los Angeles diperoleh nilai ketahanan agregat kasar terhadap keausan dari Fraksi A adalah 22,6%, Fraksi B adalah 20,16%, Fraksi C adalah 16,36% dan Fraksi D adalah 15,4% hasil pengujian memenuhi spesifikasi. Agregat ini tidak mudah aus sehingga baik digunakan sebagai bahan lapisan permukaan.

b. Analisa Saringan

Hasil analisa saringan berupa gradasi agregat serta spesifikasinya dimana gradasi agregat berada ditengah antara batas atas dan batas bawah seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil uji Analisa saringan

c. Berat Jenis Bulk dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang menggunakan dua sampel diperoleh nilai rata-rata untuk Berat Jenis Bulk adalah 2,62%, berat jenis SSD adalah 2,67%, berat jenis semu adalah 2,75% dan Penyerapan Air adalah 1,76%. Hasil pengujian memenuhi Spesifikasi dimana untuk Berat Jenis Bulk adalah minimal 2,5 %, Berat Jenis SSD adalah minimal 2,5 %, Berat Jenis Semu adalah minimal 2,5% dan Penyerapan Air maksimal 3%.

d. Berat Jenis Bulk dan Penyerapan Air Agregat Halus

Hasil pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus yang menggunakan dua sampel diperoleh nilai rata-rata untuk Berat Jenis Bulk adalah 2,57%, Berat Jenis SSD adalah 2,60%, Berat Jenis Semu adalah 2,64% dan Penyerapan Air adalah 1,11%. Hasil pengujian memenuhi Spesifikasi yaitu untuk Berat Jenis Bulk adalah

minimal 2,5 %, Berat Jenis SSD adalah minimal 2,5 %, Berat Jenis Semu adalah minimal 2,5 % dan Penyerapan Air maksimal 3%.

e. Material Lolos Saringan No. 200

Hasil pengujian material lolos saringan No. 200 adalah 4,60%. Hasil Pengujian memenuhi Spesifikasi yaitu maksimal 8% . Dengan hasil tersebut agregat bersih dari lempung dan lanau.

f. Nilai Setara Pasir

Hasil pengujian kadar lumpur dengan menggunakan 2 (dua) sampel diperoleh hasil rata-rata untuk nilai Sand Equivalent (SE) adalah 95,76% dan kadar lumpur 4,24%. Keduanya memenuhi Spesifikasi yaitu minimal 60% untuk Sand Equivalen dan maksimal 5% untuk kadar lumpur.

g. Partikel Pipih dan Lonjong

Hasil pengujian Partikel Pipih dan Lonjong agregat diperoleh indeks kepipihan yaitu 9,50%, 5,50%, 7,70%, dan 7,10%. Dan indeks kelonjongan yaitu 8,50%, 5,70%, 7,10% dan 9,50%. Nilai Partikel Pipih dan Lonjong tersebut yang dipersyaratkan adalah maksimal 10%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pecahan (proses pemecahan batu secara manual di Laboratorium) batu sungai Makawa berbentuk kubus (bidang pecah lebih dari satu).

h. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal ini hanya bersifat visualisasi yang tidak melalui proses perhitungan. Nilai kelekatan ditentukan dari luas permukaan sampel yang terselimuti aspal (kurang dari 95 % atau lebih dari 95 %). Dari pengamatan ini dapat diketahui bahwa aspal dapat melekat dengan baik pada agregat.

i. Berat Jenis Filler

Hasil pengujian berat jenis filler yaitu 3,05 Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tidak mencantumkan nilai batasan untuk berat jenis filler. Filler yang digunakan adalah semen dengan berat jenis 3,05.

2. Pengujian Karakteristik Aspal

Hasil pengujian yang telah dilakukan pada karakteristik Aspal sebagai berikut berikut:

a. Penetrasi 25°C

Hasil pengujian penetrasi diperoleh hasil untuk nilai penetrasi adalah 67 mm. Persyaratan Spesifikasi Umum Bina adalah minimal 60 (0,1) mm – maksimum 70 (0,1) mm.

b. Titik Lembek

Hasil pengujian titik lembek aspal diperoleh untuk nilai titik lembek adalah 50°C, sedangkan

Spesifikasi Umum Bina yaitu minimal 48°C untuk nilai titik lembek.

c. Titik Nyala dan Titik Bakar

Hasil pengujian titik nyala dan titik bakar aspal diperoleh nilai titik nyala dan titik bakar yaitu adalah 300 °C, nilai ini memenuhi Spesifikasi yaitu minimal 232 °C.

d. Berat yang Hilang TFOT

Hasil pengujian berat yang hilang diperoleh nilai kehilangan berat adalah 0,14 %, sedangkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu maksimal 0,8 % untuk nilai kehilangan berat. Setelah itu dilakukan pengujian setelah kehilangan berat.

e. Penetrasi pada TFOT 25°C TFOT

Hasil pengujian penetrasi pada TFOT (*Thin Film Oven Test*) diperoleh hasil untuk nilai penetrasi adalah 83,6%. Persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 adalah minimal 54%.

f. Daktilitas 25°C

Hasil pengujian daktilitas pada diperoleh hasil 150 cm, dimana persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu minimal 100 cm untuk nilai daktilitas.

g. Berat Jenis Aspal

Hasil pengujian berat jenis aspal diperoleh nilai 1.051 gram/cc, hal ini memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu minimal 1.0 gram/cc untuk nilai berat jenis aspal.

3. Pengujian Marshall Konvensional

a. Komposisi Campuran

Setelah diketahui komposisi agregat dan grafik rancangan komposisi campuran maka komposisi total campuran yang akan digunakan pada pengujian seperti pada table 4.

Tabel 4. Komposisi Campuran

Material	Kadar aspal				
	5,9%	6,4%	6,9%	7,4%	7,9%
Berat Agregat kasar (gr)	216.40	214.40	212.40	210.40	208.40
Berat Agregat halus (gr)	828.60	825.60	822.60	819.60	816.60
Berat Filler semen(gr)	84.20	83.20	82.20	81.20	80.20
Berat aspal (gr)	70.80	76.80	82.80	88.80	94.80
Berat campuran (gr)	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00

Untuk menganalisis data penelitian pada Marshall Konvensional maka sebelumnya harus diketahui nilai bulk (berat jenis) dari masing-masing agregat

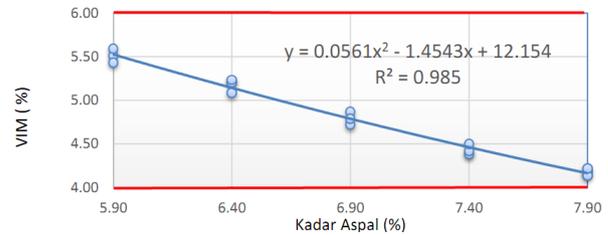
yang dipakai pada penelitian ini. Untuk nilai yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Bulk Specific Gravity dan Effective Specific Gravity

Nilai	Kadar Aspal (%)				
	5,9%	6,4%	6,9%	7,4%	7,9%
Bulk Specific Gravity	2,77	2,79	2,8	2,82	2,83
Bulk Specific Gravity	2,82	2,83	2,85	2,86	2,88

b. VIM

Hasil pengujian analisis terhadap VIM seperti dijabarkan pada gambar 4.

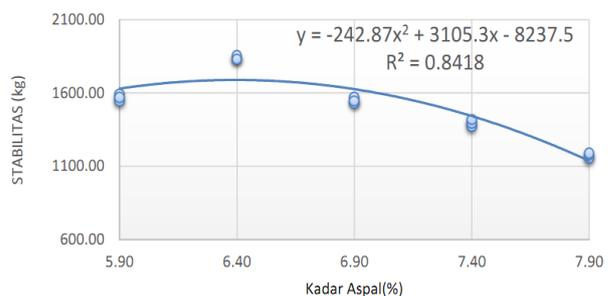


Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VIM

Dengan penggunaan kadar Aspal 5,9% - 7,9% diperoleh nilai VIM antara 4,14 – 5,59 dengan kenaikan rata-rata sebesar 0,33 %, dimana dapat dilihat dari grafik kadar aspal 5,9% dengan nilai yaitu 5,51%, kadar aspal 6,4% yaitu 5,17%, kadar aspal 6,9% yaitu 4,79%, kadar aspal 7,4% yaitu 4,43% dan kadar aspal 7,9% yaitu 4,18 . Nilai VIM dengan semua kadar Aspal memenuhi persyaratan yang telah dikeluarkan oleh Direktorat jenderal Bina Marga 2018. Berdasarkan gambar 4 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar aspal yang digunakan maka nilai VIM akan semakin kecil (berkurang) karena kadar aspal yang tinggi akan mengisi rongga-rongga dalam campuran sehingga rongga yang tidak terisi aspal (VIM) semakin berkurang

c. Stabilitas

Hasil pengujian analisis terhadap Stabilitas seperti terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

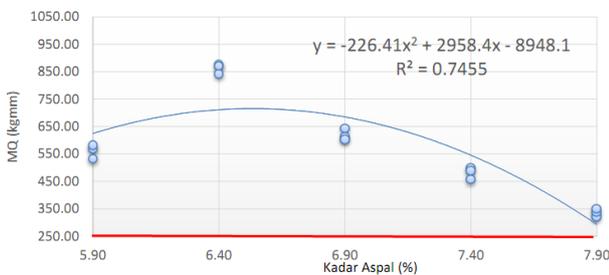
Dengan menggunakan kadar Aspal 5,9% - 7,9% diperoleh nilai Stabilitas antara 1154,98– 1852,54. Dapat dilihat dari grafik menunjukkan bahwa pada kadar aspal 5,9% dengan nilai 1566,66 Kg mengalami kenaikan pada kadar aspal 6,4% sampai dengan nilai 1841,11 Kg, tetapi kembali penurunan pada kadar aspal 6,9%, 7,4% sampai kadar aspal 7,9% dengan nilai yaitu 1547,60 Kg,

1395,13 Kg dan 1174,04 Kg. Stabilitas dengan kadar Aspal 5,9% , 6,4%, 6,9%, 7,4%, dan 7,9% memenuhi persyaratan yang telah dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga 2018.

Berdasarkan Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa penggunaan kadar aspal yang sedikit dalam campuran HRS-WC akan menghasilkan selimut aspal yang tipis pada permukaan agregat yang mengakibatkan ikatan agregat menjadi lemah sehingga stabilitas campuran kecil, tapi jika aspal bertambah lagi agregat menjadi kuat/stabilitas campuran besar. Kemudian jika aspal bertambah banyak lagi maka selimut aspal menjadi lebih tebal yang mengakibatkan ikatan antar agregat menjadi lemah sehingga stabilitas campuran kembali menurun.

d. MQ (Marshall Quotient)

Hasil pengujian analisis terhadap MQ(Marshall Quotient) seperti terlihat pada gambar 6.



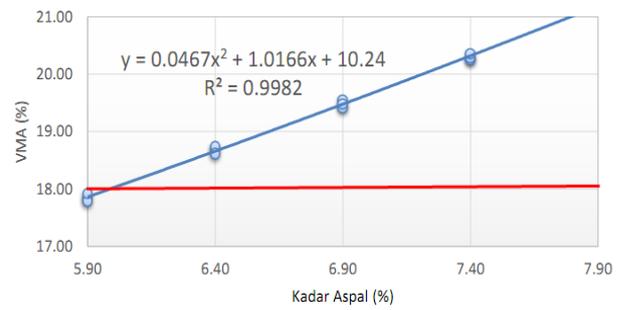
Gambar 6.. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan MQ

Dengan menggunakan kadar Aspal 5,9% - 7,9% diperoleh nilai MQ antara 320,83 – 876,72 kg/mm. dari grafik dapat dilihat, pada kadar aspal 5,9% dengan nilai 560,09 kg/mm mengalami kenaikan pada kadar aspal 6,4% dengan nilai 863,35 kg/mm tetapi mengalami penurunan pada kadar aspal 6,9%, 7,4%, sampai kadar aspal 7,9% dengan nilai 619,58 kg/mm, 481,55 kg/mm, dan 3334,72 kg/mm. Nilai MQ dengan kadar aspal 5,9%, 6,4%, 6,9%, 7,4% dan 7,9% memenuhi persyaratan yang telah dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga 2018.

Berdasarkan gambar 6, disimpulkan bahwa semakin besar kadar aspal yang digunakan akan meningkatkan nilai MQ pada kadar aspal 6,4% dari total kadar aspal yang digunakan, tetapi jika kadar aspal bertambah lagi maka nilai MQ menurun. Hal ini di sebabkan semakin tinggi kadar aspal akan berakibat berkurangnya ikatan antar agregat sehingga menurunkan kekuatan/stabilitas dan membuat selimut aspal semakin tebal sehingga kelenturan (flow) meningkat.

e. VMA (Void in Mineral Aggregate)

Hasil pengujian analisis terhadap VMA (Void in Mineral Aggregate) seperti terlihat pada gambar 7.

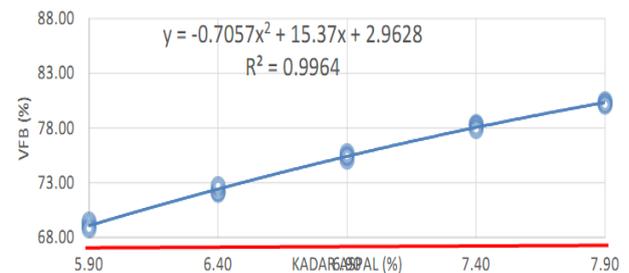


Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VMA

Dengan menggunakan kadar Aspal 5,9% - 7,9% diperoleh nilai VMA antara 17,78– 21,23. Dapat dilihat pada grafik semakin besar kadar aspal maka semakin besar nilai VMA, pada kadar aspal 5,9% dengan nilai 17,85%, kadar aspal 6,4% dengan nilai 18,71%, kadar aspal 6,9% dengan nilai 19,48%, kadar aspal 7,4% dengan nilai 20,30%, dan kadar aspal 7,9% dengan nilai 21,20%.VMA dengan kadar Aspal 5,9%, 6,4%,6,9,7,4 dan 7,9% memenuhi persyaratan yang telah dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga 2018. Berdasarkan Gamba 7 maka dapat diperoleh bahwa semakin besar kadar aspal maka nilai VMA akan semakin tinggi, dikarenakan semakin berkurangnya volume rongga yang terdapat didalam butir agregat karena aspal yang ada di dalam campuran selain menyelimuti agregat, juga akan masuk mengisi rongga dalam agregat tersebut sehingga VMA meningkat.

f. VFB

Hasil pengujian analisis terhadap VMA (Void in Mineral Aggregate) seperti yang dijabarkan pada gambar 8.



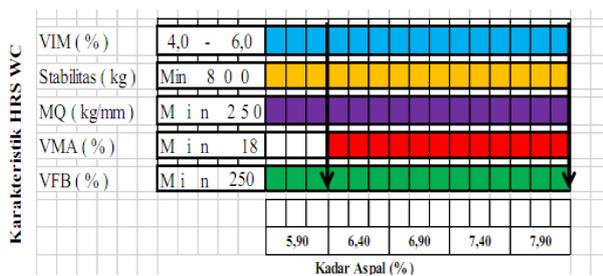
Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFB

Dengan menggunakan kadar asal 5,9% - 7,9% untuk Lataston HRS-WC di peroleh nilai VFB antara 68,80% – 80,46%. Dapat dilihat dari grafik semakin besar kadar aspal makam semakin besar pula VFBnya. Nilai VFB kadar aspal 5,9% tidak memenuhi persyaratan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 sedangkan kadar aspal 6,4%, 6,9%, 7,4% dan 7,9% memenuhi persyaratan yang telah dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga 2018. Berdasarkan Gambar 8 dapat di simpulkan bahwa penggunaan kadar aspal yang

sedikit mengurangi VFB, penggunaan kadar aspal yang banyak memperbesar VFB. Di mana aspal dalam campuran akan mengisi semua rongga yang ada dalam campuran dan dalam agregat.

g. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Dari tabel dan grafik Marshall Konvensional dapat ditentukan kadar aspal praktis dalam campuran beton aspal yaitu kadar aspal yang memenuhi semua kriteria atau Karakteristik Marshall dan kadar aspal praktis tersebut adalah rentang kadar aspal 6,40%, 6,90% , 7,40% dan 7,90%. Dari lapisan laston HRS-WC tersebut, maka ditentukan kadar aspal optimum adalah kadar aspal yang memiliki nilai stabilitas paling tinggi karena laston HRS-WC merupakan jenis campuran beraspal yang digunakan sebagai bahan pelapis suatu lapisan permukaan pada perkerasan jalan raya untuk menerima dan meneruskan beban lalu lintas ke lapisan dibawahnya serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang melindungi konstruksi dibawahnya. Penggunaan kadar aspal yang cukup atau tidak terlalu banyak memungkinkan stabilitas yang baik atau tinggi dalam hal ini aspal merupakan bahan pengikat campuran yang baik dan juga sebagai pengisi rongga yang membuat volume udara dalam campuran agregat berkurang, namun penggunaan kadar aspal yang banyak atau berlebihan akan merubah bentuk plastis campuran dan stabilitas atau kekuatan campuran. Dengan menggunakan kadar aspal yang kecil dapat lebih ekonomis lagi. Sehingga dengan kriteria tersebut maka ditentukan kadar aspal optimum untuk laston HRS-WC yaitu kadar aspal 6,40%.



Gambar 9. Diagram Analisis Kadar Aspal Optimum

h. Marshall Immersion

Marshall Immersion adalah salah satu pengujian untuk melihat durabilitas (ketahanan terhadap beban dan pengaruh suhu) atau keawetan suatu campuran, hasil dari pengujian ini adalah rasio stabilitas. Rasio tersebut membandingkan stabilitas dari benda uji Marshall setelah direndam dalam suhu 60° C dalam waterbath selama 24 jam terhadap stabilitas benda uji marshall dengan perendaman 30 menit yang biasa disebut indeks perendaman (IP) atau indeks kekuatan sisa (IKS). Adapun hasil pengujian indeks perendaman/indeks

kekuatan sisa campuran, dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil analisis Marshall Immersion

Kadar Aspal (%)	Nilai Stabilitas		
	Konvensional	Immersion	IKS
6,40	1109,94	1047,90	94,41
6,40	1116,84	1054,79	94,44
6,40	1103,05	1041,00	94,38
Rata-rata	1109,94	1047,90	94,41

Dari hasil pengujian Marshall Immersion diperoleh nilai rata-rata untuk indeks perendaman yaitu 94,41%. Nilai indeks perendaman ini telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh Bina Marga yaitu $\geq 90\%$. Berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa perkerasan jalan yang menggunakan Laston HRS - WC dapat tahan terhadap suhu dan lamanya perendaman dalam air.

PEMBAHASAN

1. Karakteristik Bahan

Hasil pengujian Karakteristik bahan berupa Agregat Kasar, Agregat Halus dari batu sungai Makawa, Filler (semen) dan Aspal memenuhi standar spesifikasi yang ditetapkan Bina Marga.

2. Karakteristik Marshall Konvensional

Hasil Analisis Karakteristik Campuran Laston HRS-WC hasil pengujian Marshall Konvensional yaitu:

a. VIM (Void In Mix)

Berdasarkan Gambar 4 didapatkan persamaan garis $y = 0,0561x + 12,154$ diperoleh nilai rongga dalam campuran yang tidak terisi oleh aspal/VIM (Void In Mix) akan berkurang seiring dengan bertambahnya kadar aspal.

Persamaan regresi menunjukkan bahwa VIM mencapai batas minimum 7,950% pada kadar aspal 4,14% sedangkan , VIM mencapai batas maksimum yaitu 5,077% pada kadar aspal 6,22%.

b. Stabilitas

Dari kurva pada dari gambar 5 didapatkan persamaan garis $y = -242,87x + 3105,3x - 8737,5$. Menunjukkan bahwa Stabilitas meningkat sebesar rata-rata 274,45 kgF sampai pada kadar aspal 6,4 % dan akan kembali turun sebesar rata-rata 222,36 kgF seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Persamaan Regresi menunjukkan bahwa stabilitas maksimum berada pada kadar aspal 6,39% dengan nilai stabilitas sebesar 1688,47 KgF.

c. Nilai MQ (Marshall Quotient)

dari kurva pada gambar 6 didapatkan persamaan garis $y = -226,41x^2 + 2958,4x - 8948,1$. Menunjukkan bahwa MQ meningkat sebesar rata-rata 303,26 kg/mm sampai pada kadar aspal 6,4 %

dan akan kembali turun sebesar rata-rata 178,88 kg/mm seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Dari persamaan Regresi menunjukkan bahwa MQ maksimum berada pada kadar aspal 6,50 dengan nilai MQ sebesar 715,68 kg/mm.

d. VMA (Void In Mineral Aggregate)

Nilai VMA yang ditunjukkan pada gambar 7 didapatkan dari persamaan garis $y = -0,0467x^2 + 1,0166x + 10,24$ memperlihatkan kenaikan sebesar rata-rata 0,84% seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan karena Nilai Void in Meneral Agregate (VMA) sangat dipengaruhi oleh kadar aspal campuran, suhu pematangan, jumlah tumbukan dan gradasi serta jenis agregat/batuan yang digunakan. Persamaan Regresi menunjukkan bahwa VMA mencapai batas minimum yaitu 18% pada kadar aspal 5,99.

e. VFB (Void Filled with Bitument)

Dari kurva pada gambar 8 didapatkan persamaan garis $y = -0,7057x^2 + 15,37x - 2,9628$ memperlihatkan kenaikan sebesar rata-rata 2,79 % dengan bertambahnya kadar aspal. Persamaan Regresi menunjukkan bahwa pada kadar aspal 6,0630% nilai VFB berada pada batas Minimum yaitu 68,00 %.

3. Karakteristik Marshall Immersion

Hasil pengujian Marshall Immersion diperoleh Indeks Perendaman atau Indeks Kekuatan sisa (IKS) 94,41 % yang artinya campuran tahan terhadap suhu, lamanya terendam dalam air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Karakteristik agregat yang berasal dari Sungai Makawa dan aspal penetrasi 60/70 memenuhi Standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Komposisi campuran LATASTON HRS-WC yaitu agregat kasar 17,87 %, agregat halus 68,80 %, filler 6,93 %, dan aspal 6,4 %.

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik campuran HRS-WC melalui pengujian :

- Marshall konvensional diperoleh karakteristik campuran beraspal yang memenuhi spesifikasi yaitu : VIM, STABILITAS, MQ, dan VFB sedangkan VMA tidak memenuhi syarat spesifikasi pada kadar aspal 5,9 % yang dikeluarkan oleh Ditjen Bina Marga dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018.
- Marshall Immersion (Indeks Kekuatan Sisa) pada campuran HRS-WC

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Krebs D. dan R. Walker D., 1971, Highway Materials., Michigan: McGraw-Hill, Universitas Michigan,
- [2] S. Sukirman, 2007, Beton Aspal Campuran Panas, Edisi Kedua. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- [3] Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018, Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Jakarta Indonesia: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [4] A. Londongsalu T., R. Menge H., Alpius, dan B. Tanan, 2019, "Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course yang Menggunakan Batu Dari Buntao' Toraja Utara.," Paulus Civ. Eng. J. Ojsukupaulusacid, vol. 1, no. 1, hlm. 10 – 18.
- [5] J. Putra Siada, R. Inrinto Alfin, M. Palinggi D, Monika, dan R. Rachman, 2019, "Pengaruh Penggunaan Serat Rotan Terhadap Stabilitas Dan Durabilitas Untuk Bahan Tambah Campuran Lataston," Paulus Civ. Eng. J. Ojsukupaulusacid, vol. 1, no. 1, Art. no. 1.
- [6] D. N. Bunga, R. Rachman, dan M. Selintung, 2019, "Effect of Collision Variation towards the Index Retained Strength of Mixed Asphalt Concrete Wearing Course," Int. J. Sci. Eng. Sci., vol. 3, no. 8, Art. no. 8, doi: 10.5281/zenodo.3408003.
- [7] C. Kamba dan R. Rachman, 2018, "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.
- [8] A. Kusuma dan R. Rachman, 2018, "Study Characteristics of Nickel Slag For Gradient Gap on Mixture Hot Rolled Sheet Base," Int. J. Innov. Sci. Eng. Technol., vol. 5, no. 3, Art. no. 3.
- [9] Daud, R. Rachman, dan J. Tanijaya, 2020, "Study of HRS-WC Mixture Performance Using the Waste of Crude Palm Oil Ash as Filler," Bali, Indonesia, vol. 419, doi: 10.1088/1755-1315/419/1/012101.
- [10] M. T. A. Meitari, S. Morai, C. Kamba, dan Alpius, 2019, "Pengujian Batu Apung Sebagai Filler pada Campuran HRS-Base," Paulus Civ. Eng. J. Ojsukupaulusacid, vol. 1, no. 1, hlm. 44 – 57.
- [11] Alpius, 2018, "Effects of Additional Rattan Fiber on Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC) Stability," Int. J. Innov. Res. Sci.

- Eng. Technol., vol. 7, no. 3, Art. no. 3, doi: 10.15680/IJIRSET.2018.0703066.
- [12] R. Rachman, 2020, "Pemanfaatan Batu Gunung Bottomale Toraja Utara sebagai Campuran Laston," J. Tek. Sipil Dan Teknol., vol. 6, no. 1, Art. no. 1.
- [13] Alpius, 2019, "Campuran HRS-WC Menggunakan Agregat Batu Gunung Desa Palipu Kecamatan Mengkendek Tana Toraja," dalam Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) - 13, Banda Aceh, vol. 1, hlm. 431–441.
- [14] U. A. Demmalino, W. S. C. Lambe, Alpius, dan R. Rachman, 2019, "Pengujian Slag Nikel Sebagai Pengganti Agregat pada Campuran HRS-Base," Paulus Civ. Eng. J. Ojsukipaulusacid, vol. 1, no. 2, hlm. 44 – 49.