

Studi Penggunaan Agregat Sungai Bittuang Sebagai Bahan Campuran AC-WC

Nilamsari Wendani*¹, Mary Selintung*², Alpius*³

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

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

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik agregat dari Sungai Bittuang, mengetahui komposisi campuran AC-WC dan mengetahui karakteristik Marshall, Indeks Perendaman Sisa pada Campuran AC-WC. 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 AC-WC serta pengujian Marshall Konvensional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Karakteristik agregat yang berasal dari Sungai Bittuang Kabupaten Tana Toraja, untuk Campuran AC-WC memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan dalam standar Bina Marga 2018. Berdasarkan hasil rancangan komposisi pada campuran AC-WC yang menggunakan agregat Sungai Bittuang, adalah dengan agregat kasar 36,90%, agregat halus 50,30%, *filler* 5,80%, dengan kadar aspal optimum 7,00%. Hasil pengujian karakteristik campuran AC-WC melalui pengujian pada Marshall konvensional diperoleh karakteristik campuran beraspal yang memenuhi spesifikasi yaitu stabilitas, *flow*, VIM, dan VFB, sedangkan untuk VMA tidak memenuhi syarat spesifikasi pada kadar aspal 5.00%. Sementara Hasil uji Marshall *Immersion* (Indeks Kekuatan Sisa) pada campuran Laston AC-WC yang menggunakan agregat Sungai Bittuang Kecamatan Bittuang Kabupaten Tana Toraja memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu 95,03% > 90 %.

Kata kunci : AC-WC, Marshall, agregat

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the aggregate characteristics of the Bittuang River, determine composition of the AC-WC mixture and find out the Marshall characteristics, the remaining *Immersion* Index in the AC-WC mixture. The methodology in this research was to conduct a series of characteristics testing in the form of coarse aggregates, fine aggregates, *fillers*, and asphalt and then design a mixture composition then make test specimens in the form of AC-WC and Marshall Conventional testing. The results showed that the aggregate characteristics originating from the Bittuang River, Tana Toraja Regency, for the AC-WC mixture met the specifications required by the 2018 Bina Marga standards. Based on the design of the composition of the mixture of AC-WC using Bittuang River aggregate is 36.90% coarse aggregate, 50.30% fine aggregate, 5.80% *filler*, with optimum asphalt content of 7.00%. The results of testing the characteristics of the AC-WC mixture through conventional Marshall tests obtained the characteristics of a mixture derived from meeting the specifications of stability, *flow*, VIM, and VFB, while for VMA it does not meet the specification requirements 5.00% asphalt content. While the Marshall *Immersion* test results (Residual Strength Index) on the mixture of Laston AC-WC using aggregate Bittuang River, Bittuang District Tana Toraja Regency met the General Specifications of the 2018 Highways, namely 95.03% > 90%.

Keywords: AC-WC, Marshall, aggregate

PENDAHULUAN

Jalan Poros Bittuang di Kecamatan Bittuang, yang merupakan penghubung antar provinsi Sulawesi Selatan dengan Sulawesi Barat. Kondisi akses penghubung antar provinsi ini dapat dikatakan jauh dari kelayakan karena lebar jalannya yang sempit dan kondisi badan jalan yang berlubang. Seharusnya pembangunan prasarana jalan di daerah seperti ini, perlu dikembangkan dengan salah satunya penggunaan bahan lokal dari

daerah tersebut seperti agregat yang terdapat pada sungai Bittuang. Mengingat bahwa pelaksanaan pekerjaan akan lebih lama apabila mendatangkan bahan-bahan dari luar daerah, sehingga akan sangat efisien apabila menggunakan material lokal daerah tersebut namun harus diuji terlebih dahulu mutu dan kualitasnya.

Sungai Bittuang yang terletak di Kecamatan Bittuang, Kabupaten Tana Toraja, Provinsi

Sulawesi Selatan merupakan daerah yang memiliki sumber material berupa agregat batu kali dan pasir. Namun penggunaan batu kali sejauh ini belum dimanfaatkan sebagai bahan penyusunan lapisan aspal beton (Laston). Agregat Sungai bittuang terdiri dari agregat kasar, dan agregat halus. Sementara dalam pencampuran, digunakan berbagai jenis agregat yang secara umum terdiri dari agregat kasar, agregat halus, serta *filler* atau bahan pengisi. Pada umumnya campuran dari masing masing agregat yang dipakai berbeda-beda untuk setiap penggunaan campuran [1]. Sehingga dalam hal ini karakteristik dari agregat akan sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat campuran itu sendiri [2]. Oleh karena itu perlu dilakukan pemeriksaan atau penelitian terhadap berbagai jenis agregat itu untuk memperoleh nilai stabilitas yang baik dan memenuhi syarat spesifikasi, dalam hal ini menggunakan agregat Sungai Bittuang.

Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui karakteristik agregat Sungai Bittuang apakah dapat digunakan sebagai bahan perkerasan beraspal, mengetahui komposisi campuran AC – WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) yang menggunakan agregat Sungai Bittuang, dan mengetahui penggunaan agregat Sungai Bittuang terhadap karakteristik campuran AC – WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) melalui pengujian *Marshall Konvensional* dan nilai indeks kekuatan sisa pada *Marshall Immersion*.

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas diatasnya ke tanah dasar secara aman [3]. Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanahdasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan.

Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) yaitu : memakai bahan pengikat aspal sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ketanah dasar, dan pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya *rutting* [4].

Beberapa penelitian sejenis yaitu Pallinggi menggunakan bata ringan dan limbah bangunan bata sebagai bahan pengisi dalam campuran AC-WC laston untuk komposisi. Dimana hasil penelitian karakteristik memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan [5].

Fani et.al menggunakan batu dan pasir dari Sungai Wanggar untuk menguji karakteristik campuran AC-WC dan AC-BC. Hasil penelitian

diperoleh nilai indeks kekuatan sisa 95,11% dan 94,41% dan tahan terhadap perendaman dalam air [6].

Bunga et.al dalam penelitian menghasilkan komposisi campuran agregat kasar 39,9%, agregat halus 6,30%, aspal tumbukan 7% terhadap tumbukan 25, 50, dan 75 dan variasi memenuhi spesifikasi standar [7].

Kasiati et.al menggunakan pasir Seruyan sebagai alternative campuran aspal beton AC-WC. Hasil penelitian nilai stabilitas, kelelahan, VIM, VFA, dan MQ memenuhi standar spesifikasi dan dapat digunakan sebagai bahan alternative campuran aspal beton AC-WC [8].

Rachman R meneliti pemanfaatan Batu Gunung Bottomale Toraja Utara sebagai Campuran Laston [9].

Alfian et.al dalam penelitian menghasilkan Penggunaan agregat halus yang berbeda-beda pada campuran aspal mempengaruhi kualitas campuran beraspal [10].

Datu et.al meneliti The Effect of Additional Sugar Palm Fibers on the Durability of Mixed Laston AC-WC [11].

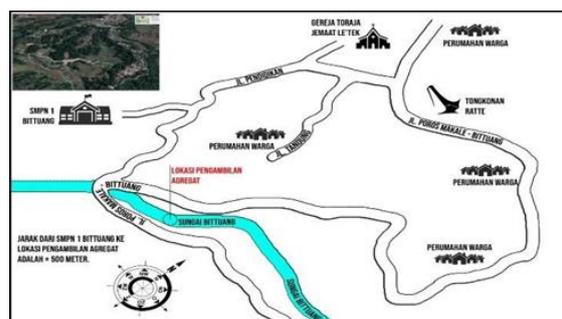
Bulgis et.al dalam penelitian menghasilkan keberadaan agregat alami dalam campuran aspal beton mempengaruhi kinerja campuran dimana diperoleh kadar agregat alami yang mampu menghasilkan kinerja campuran yang optimum sebesar 10%-50% terhadap total berat agregat kasar [12].

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Aspal Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Paulus.

1. Penyediaan material

Lokasi tempat pengambilan material diambil dari Sungai Bittuang Kecamatan Bittuang. Jarak dari pengambilan agregat dari SMP Negeri 1 Bittuang sekitar ± 500 meter. Material yang terdapat di Sungai Bittuang cukup banyak dalam menunjang pembangunan di daerah tersebut.



Gambar 1. Lokasi pengambilan material

Masyarakat setempat menggunakan material tersebut untuk penunjang pembangunan. Lokasi pengambilan material dapat dilihat pada Gambar 1.

2. Pemeriksaan Karakteristik Bahan

Perancangan dan pengujian karakteristik campuran beraspal harus mengikuti standar/spesifikasi yang ada. Untuk Indonesia, standar/spesifikasi yang digunakan adalah spesifikasi Umum Bina Marga 2018 [13].

Rancangan pengujian didahului pengujian karakteristik bahan. Jika hasil pengujian tidak sesuai spesifikasi (berat jenis, keausan dan kelekatan) maka agregat tidak boleh digunakan juga jika karakteristik campuran tidak memenuhi spesifikasi maka campuran tersebut tidak boleh di produksi (kecuali dilakukan modifikasi dengan bahan tambah) jika memenuhi spesifikasi maka dilanjutkan dengan rancangan campuran.

a. Karakteristik agregat

Standar rujukan/acuan pemeriksaan Analisa saringan agregat kasar dan agregat halus mengacu pada metode atau standar SNI ASTM C136:2012. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar mengacu pada standar rujukan SNI 1969:2016 dan Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus mengacu pada standar rujukan SNI 1970:2016. Standar rujukan/acuan pemeriksaan kadar lumpur dan SE (*Sand Equivalent*) mengacu pada standar rujukan SNI 03-4428-1997. Pengujian Keausan (Abration) ini mengacu pada standar rujukan SNI 2417-2008. Pemeriksaan partikel kepipihan dan kelonjongan mengacu pada standar rujukan ASTM D – 4791-10 dengan perbandingan 1:5. Pemeriksaan agregat lolos ayakan No. 200 mengacu pada standar rujukan SNI ASTM C117:2012.

b. Karakteristik Aspal

Pengujian Penetrasi pada 25°C merujuk pada SNI 2456:2011; Pengujian Titik Nyala merujuk SNI 2433:2011; Pengujian Titik Lembek (°C) SNI2434;2011; Pengujian Berat Jenis SNI 2441:2011; Pengujian Daktilitas pada 25°C SNI 2432:2011; Pengujian Berat yang Hilang (%) menggunakan SNI-06-2441-1991 [14].

c. Komposisi Campuran

Campuran beraspal menggunakan 3 (tiga) bahan utama yaitu agregat, aspal, dan *filler*. Untuk memenuhi karakteristik campuran beraspal, maka rancangan campran harus mengikuti spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Yang utama dalam rancangan campuran adalah Gradasi dari campuran itu sendiri,sehingga untuk mendapatkan karakteristik campuran yang baik maka gradasi yang digunakan yaitu gradasi ideal

dengan mengambil nilai tengah dari batasan gradasi (batas atas dan bawah gradasi/ rata-rata batas gradasi) yang dapat dilihat berikut :

Tabel 1. Rancangan komposisi campuran

Kadar aspal rancangan (%)	1	2	3	4	5
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
Berat aspal (gr)	60,00	66,00	72,00	78,00	84,00

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Material

a. Keausan Agregat

Dari hasil pengujian keausan agregat dengan menggunakan Alat Abrasi Los Angeles diperoleh nilai ketahanan agregat kasar terhadap keausan dari Fraksi A adalah 6.54%, Fraksi B adalah 8,8%, Fraksi C adalah 7,36% dan Fraksi D adalah 10.4%. Nilai yang dipersyaratkan maksimum 40%.

b. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

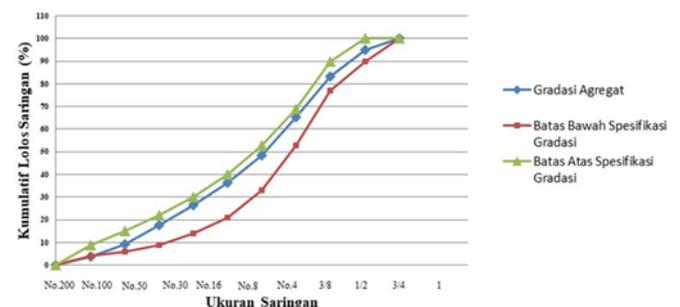
Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang menggunakan dua sampel diperoleh nilai untuk Berat Jenis *Bulk* adalah 2.59 %, berat jenis SSD adalah 2.63%, berat jenis semu adalah 2.71% dan Penyerapan Air adalah 1.80%. Persyaratan yaitu untuk Berat Jenis *Bulk*, Berat Jenis SSD dan Berat Jenis Semu adalah minimal 2,5% dan Penyerapan Air maksimal 3%

c. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Hasil pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus diperoleh nilai untuk Berat Jenis *Bulk* adalah 2.53, Berat Jenis SSD adalah 2.58, Berat Jenis Semu adalah 2.65 dan Penyerapan Air adalah 1.73%. persyaratan yaitu untuk Berat Jenis *Bulk*, Berat Jenis, Berat Jenis Semu adalah minimal 2.5 dan Penyerapan Air maksimal 3%.

d. Analisa Saringan

Hasil pengujian analisa saringan diperoleh nilai gradasi agregat aeperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik analisa saringan

Berdasarkan Gambar 2 memperlihatkan hasil analisa saringan berupa gradasi agregat serta spesifikasinya dimana gradasi agregat berada ditengah antara batas atas dan batas bawah, ini menunjukkan bahwa agregat yang dipakai memenuhi spesifikasi.

e. Hasil Material Lolos saringan No.200

Dari hasil pengujian material lolos saringan No. 200 diperoleh hasil 3% persyaratan yaitu maksimal 10%.

f. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil pengujian Kadar lumpur dimana dari hasil pengujian kadar lumpur di peroleh hasil rata-rata untuk nilai *Sand Equivalent* (SE) adalah 96,74% dan kadar lumpur 3,26%. persyaratan yaitu minimal 60% untuk *Sand Equivalent* dan maksimal 5% untuk kadar lumpur.

g. Hasil Pengujian Partikel Pipih dan Hasil Pengujian Partikel Pipih dan Lonjong agregat kasar

Hasil Pengujian Partikel Kepipihan dan Kelonjongan Agregat Kasar. Hasil pengujian partikel pipih dan lonjong agregat kasar diperoleh partikel pipih yaitu 9.82%, 8.75%, 7.76% dan partikel lonjong yaitu 9.84%, 9.39%, 4.30%. persyaratan yaitu maksimal 10%.

h. Hasil Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Dari hasil pengujian kelekatan agregat terhadap aspal diperoleh kelekatan 98%, persyaratan yaitu minimal 95%.

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

Dari hasil pengujian berat jenis *filler* spesifikasi Bina Marga 2018 tidak mencantumkan nilai batasan untuk berat jenis *filler*. *Filler* yang digunakan adalah Semen Portland.

2. Karakteristik Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini untuk pembuatan campuran AC-WC adalah aspal minyak penetrasi 60/70 dimana hasil pengujian karakteristiknya dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik aspal

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi Bina Marga 2018		Sat.	Ket
			Min	Maks		
Penetrasi pada suhu 25 °C	SNI 2456-2011	67	60	70	0,1mm	
Daktiilitas Pada Suhu 25 °C	SNI 2432-2011	150	100	-	cm	
Titik Lembek Aspal	SNI 2434-2011	51.7	48	58		
Titik Nyala dan titik bakar(°C)	SNI 2433-2011	290	232	-	°C	Memenuhi
Berat Jenis	SNI 2441-2011	1,051	1.0	-	°C	
Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	0.351	-	0.8	%	
Penetrasi pada suhu 25 °C TFOT	SNI 03-6835-2002	83,6	54	-	% semula	

3. Karakteristik Campuran Berdasarkan Pengujian Marshall Konvensional

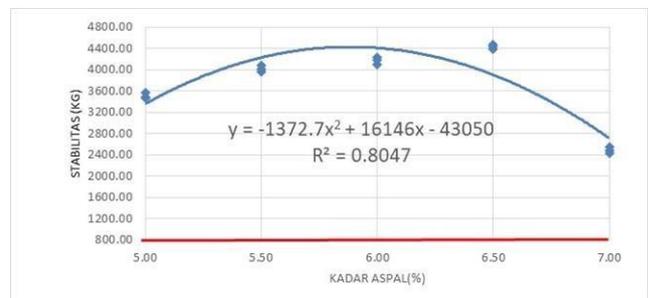
Tabel 3. Hasil pengujian Marshall Konvensional

Persyaratan	3-5 (%)	Min 800(kg)	Min 65 (%)	2-4 (mm)	Min 15 (%)
Kadar Aspal (%)	VIM	Stabilitas	VFB	Flow	VMA
5.00	4.68	1628.49	67.61	2.70	14.46
5.50	4.19	2276.56	72.39	2.40	15.17
6.00	3.80	2391.83	76.24	2.10	15.98
6.50	3.43	2122.86	79.60	2.60	16.81
7.00	3.05	2050.82	82.72	3.03	17.63

Pembahasan

1. Stabilitas

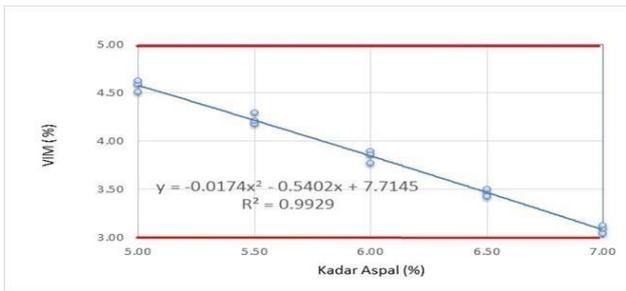
Penggunaan kadar aspal yang banyak dalam campuran AC-WC akan mengakibatkan permukaan agregat yang tertutupi aspal semakin baik sehingga ikatan agregatnya semakin kuat pada saat dipadatkan dengan demikian *flow*nya menurun. Tetapi apabila kadar aspal terus bertambah maka akan mengakibatkan rongga diantara agregat semakin berkurang, pada saat dipadatkan daya rekat antara agregat akan berkurang sehingga mengakibatkan kekuatan dari campuran berkurang dengan demikian *flow* akan meningkat. Hubungan kadar aspal dan stabilitas dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan kadar aspal dan stabilitas

2. VIM (*Void in Mix*)

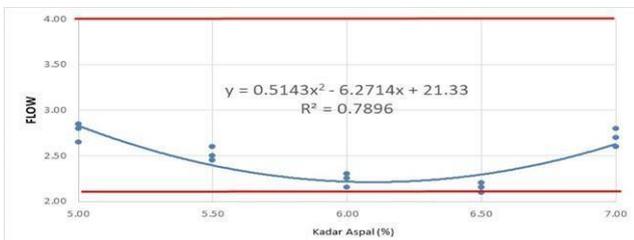
Penggunaan kadar aspal yang banyak akan mengakibatkan VIM menjadi kecil, hal ini disebabkan jumlah aspal yang banyak pada campuran selain melekat pada agregat juga akan menutupi rongga yang ada dalam campuran begitu pula sebaliknya, apabila penggunaan kadar yang sedikit maka akan mengakibatkan nilai VIM menjadi besar hal ini disebabkan jumlah aspal yang ada hanya akan melekat pada agregat dan kemampuan untuk menutupi rongga dalam campuran berkurang. Hubungan kadar aspal dan VIM disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan kadar aspal dan VIM

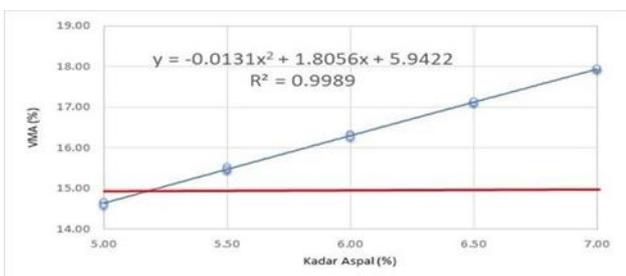
3. Flow

Penggunaan aspal dalam campuran beraspal kecil maka ikatan antar agregatnya berkurang yang menyebabkan kelelahan besar. Tetapi apabila penggunaan aspal bertambah maka akan mengasihkan daya rekat antar agregat dalam campuran menjadi lebih kuat yang mengakibatkan kelelahan campuran menurun, kemudian jika penggunaan aspal terus ditambahkan maka akan menyebabkan aspal yang menutupi permukaan agregat menjadi lebih tebal sehingga kekuatan campuran berkurang tetapi kelelahan bertambah besar, dengan demikian dapat disimpulkan kekuatan campuran atau stabilitas akan berbanding terbalik dengan kelelahan campuran atau *flow*. Hubungan kadar aspal dan *flow* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Kadar aspal dan *flow*

4. VMA (Void in Mineral Aggregate)



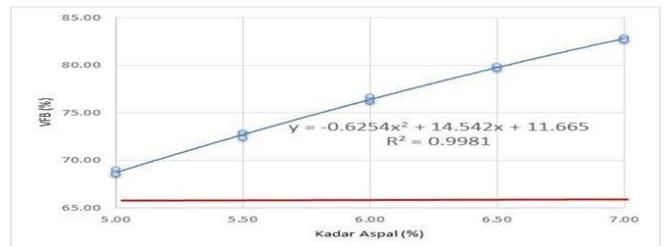
Gambar 6. Hubungan kadar aspal dan VMA

Penggunaan aspal yang banyak akan mengisi rongga dalam agregat sehingga agregat yang terisi aspal semakin besar yang menyebabkan nilai VMA meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh penggunaan aspal yang banyak dimana saat pencampuran dan pemadatan, aspal akan menutupi agregat, mengisi rongga diantara agregat dan mengisi rongga

dalam agregat. Hubungan kadar aspal dan VMA dapat dilihat pada Gambar 6.

5. VFB (Void Filled with Bitumen)

Penggunaan kadar aspal yang sedikit mengurangi VFB, pemakaian kadar aspal yang banyak akan mengakibatkan VFB meningkat. Di mana aspal dalam campuran akan mengisi semua rongga yang ada dalam campuran dan dalam agregat. Hubungan kadar aspal dan VFB dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan kadar aspal dan VFB

Penentuan Kadar Aspal Optimum

Dari hasil analisis karakteristik campuran dapat ditentukan kadar aspal praktis atau kadar aspal optimum dalam campuran yaitu kadar aspal yang memenuhi semua kriteria atau karakteristik campuran dan kadar aspal praktis tersebut adalah rentang kadar aspal 5.00% - 7.00%.

Untuk campuran AC-WC di pilih yang memiliki nilai VIM terkecil yaitu pada kadar aspal 7.00% karena campuran AC-WC adalah bagian dari lapis permukaan yang merupakan bagian perkerasan yang paling atas dan fungsi campuran AC-WC adalah sebagai lapisan pelindung sehingga dengan semakin kecilnya nilai VIM diharapkan campuran lebih kedap air.

Indeks Kekuatan Sisa

Setelah penentuan kadar aspal optimum, maka langkah selanjutnya adalah membuat beda uji berdasarkan kadar aspal optimum, yaitu 7% untuk campuran AC-WC yang kemudian direndam selama ± 24 jam pada suhu $\pm 60^\circ\text{C}$. Untuk mendapatkan nilai indeks kekuatan sisa dari campuran. adapun hasil pengujian indeks perendaman/indeks kekuatan sisa campuran AC-WC, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 6. Indeks perendaman untuk campuran AC-WC

PERSYARATAN Kadar ASPAL (%)	Min 90 Stabilitas	INDEKS KEKUATAN SISA / INDEKS PERENDAMAN (%)
7.00	2538.84	
7.00	2485.95	
7.00	2433.05	
Rata - Rata Stabilitas Marshall Konvensional	2485.95	
7.00	2433.05	95.83
7.00	2353.72	94.68
7.00	2300.82	94.57
Rata - Rata Marshall Immersion	2362.53	95.03
INDEKS KEKUATAN SISA / INDEKS PERENDAMAN (%)	95.03	

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).

KESIMPULAN

Karakteristik agregat yang berasal dari Sungai Bittuang Kabupaten Tana Toraja, untuk campuran AC-WC memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan dalam standar Bina Marga 2018.

Berdasarkan hasil rancangan komposisi pada campuran AC-WC yang menggunakan agregat Sungai Bittuang, adalah dengan agregat kasar 36,90%, agregat halus 50,30%, *filler* 5.80%, dengan kadar aspal optimum 7.00%.

Pada Marshall Konvensional diperoleh karakteristik campuran beraspal yang memenuhi semua spesifikasi yaitu stabilitas, *flow*, VIM, dan VFB, sedangkan untuk VMA tidak memenuhi syarat spesifikasi pada kadar aspal 5.00%.

Hasil uji Marshall *Immersion* (Indeks Kekuatan Sisa) pada campuran AC-WC yang menggunakan agregat dari Sungai Bittuang Kabupaten Tana Toraja memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu minimal 95,03% > 90 %.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Rachman, 2020, "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.

- [2] 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, 2018.
- [3] S. Hendarsin L., 2000., *Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Bandung, Indonesia: Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung.
- [4] S. Sukirman, 2007, *Beton Aspal Campuran Panas, Edisi Kedua*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- [5] M. D. M. Palinggi, 2020, "Recycling brick building waste as a filler on laston AC – WC," dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Bali, Indonesia, vol. 419, hlm. 1–9, doi: 10.1088/1755-1315/419/1/012070.
- [6] Fani. L. A, Irianto, Elizabeth, dan Alpius, 2019, "Pemanfaatan Agregat Sungai Wanggar Kabupaten Nabire Sebagai Bahan Campuran AC-WC dan AC-BC," *Paulus Civ. Eng. J. Ojsukupaulusacid*, vol. 1, no. 2, Art. no. 2.
- [7] 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.
- [8] "Studi Alternatif Campuran Aspal Beton AC WC dengan Penggunaan Pasir Seruyan Kabupaten Seruyan Kalimantan Tengah | Kasiati | Jurnal Aplikasi Teknik Sipil." <http://iptek.its.ac.id/index.php/jats/article/view/1591> (diakses Jun 01, 2020).
- [9] R. Rachman, 2020, "Pemanfaatan Batu Gunung Bottomale Toraja Utara sebagai Campuran Laston," *J. Tek. Sipil Dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, Art. no. 1, 2020.
- [10] I. Alfian, E. Sulandari, dan S. Mayuni, "Studi Pemanfaatan Agregat Sungai dan Debu Batu Sebagai Agregat Halus pada Campuran HRS-WC," hlm. 15.
- [11] S. A. Datu, R. Rachman, dan M. Selintung, 2020, "The Effect of Additional Sugar Palm Fibers on the Durability of Mixed Laston AC-WC," Bali, Indonesia, vol. 419, doi: 10.1088/1755-1315/419/1/012063.
- [12] B. Bulgis dan R. B. Alkam, 2017, "Pemanfaatan Agregat Alami dan Agregat Batu Pecah Sebagai Material Perkerasan pada Campuran Aspal Beton," *Potensi J. Sipil Politek.*, vol. 19, no. 1, doi: 10.35313/potensi.v19i1.530.

- [13] Direktorat Jenderal Bina Marga 2018, Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Jakarta Indonesia: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [14] A. Kusuma dan R. Rachman, 2018, "Study Characteristics of Nickel Slag For Gradient Gap on Mixtured Hot Rolled Sheet Base," Int. J. Innov. Sci. Eng. Technol., vol. 5, no. 3, Art. no. 3.