

Karakteristik Campuran AC-BC Menggunakan Batu Sungai Lauwa Kabupaten Wajo

Reza Gatung ^{*1}, Robert Mangontan ^{*2}, Monalisa Bumbungan ^{*3}

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

^{*2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia robert_mangontan@ukipaulus.ac.id ² dan monalisabumbungan@gmail.com ³

Corresponding Author: reza.gatung@gmail.com

Abstrak

Jalan dikategorikan sebagai sarana transportasi yang sangat penting dalam segala bidang ekonomi dan sosial. Terjadi peningkatan dalam pembangunan jalan karena banyaknya masyarakat yang bertambah dalam melaksanakan aktivitas dan bertambahnya jumlah kendaraan. Batu Sungai Lauwa Kabupaten Wajo bisa dimanfaatkan dalam pencampuran AC – BC. Metode penelitian ini meliputi serangkaian proses uji terhadap agregat kasar dan halus serta bahan pengisi, kemudian merancang komposisi campuran AC – BC dan pengujian Marshall untuk mendapatkan sifat-sifat campuran. Uji Rendam Marshall untuk Mencapai Stabilitas Marshall Campuran sisa memiliki kadar aspal optimal. Hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Jalan dan Aspal menggambarkan sifat material perkerasan Batu Sungai Lauwa di Kabupaten Wajo mencapai persyaratan sebagai material lapisan perkerasan. Melalui uji Marshall diperoleh sifat campuran AC – BC dengan kadar aspal masing-masing 5,00%, 5,50%, 6,00%, 6,50%, 7,00%. Hasil uji perendaman Marshall pada campuran AC – BC dengan kadar aspal optimal sebesar 6,00% memperlihatkan kestabilan marshall sisa sebesar 96,12% mencapai syarat Bina Marga 2018 yaitu minimum sebesar 90%.

Kata kunci : Karakteristik agregat, AC – BC, Uji Marshall, Sungai Lauwa.

Abstract

Roads are a very important means of transportation in the economic and social fields. Road construction is increasing due to the increasing number of people carrying out activities and the increasing number of vehicles. Lauwa River Stone, Wajo Regency can be used in AC – BC Mixtures. The methodology of this study includes performing a series of tests on coarse and fine aggregates and fillers, then designing the composition of the AC – BC mixture and Marshall testing to obtain the properties of the mixture. Marshall immersion test to achieve Marshall stability. The remaining mixture has optimal asphalt content. Research results carried out at the Road and Asphalt Laboratory, show that the characteristics of Lauwa River stone pavement materials, Regency of Wajo meet Meet technical requirements such as pavement material. Thanks to the Marshall test, the properties of the AC – BC mixture were obtained with an asphalt content of 5.00%, 5.50%, 6.00%, 6.50%, 7.00%, respectively. Marshall Soak test results for the AC–BC mixture with an optimal asphalt content of 6.00% showed a Marshall residual stability of 96.12%, meeting Bina Marga 2018 specifications, max minimum is 90%.

Keywords : Aggregate Characteristics, AC-BC, Marshall Test, Lauwa River

PENDAHULUAN

Pembangunan jalan meningkat diakibatkan karena adanya peningkatan jumlah penduduk yang melakukan aktivitas serta jumlah volume kendaraan yang semakin bertambah. Pesatnya pembangunan infrastruktur jalan

menyebabkan kebutuhan akan penggunaan material semakin meningkat, untuk memenuhi kebutuhan tersebut kita perlu memanfaatkan sumber daya alam yang ada. Sungai Lauwa yang berlokasi di Kecamatan Pitumpanua, Kabupaten Wajo, Provinsi Sulawesi Selatan merupakan wilayah dengan sumber material berupa batuan dan pasir sungai. Tetapi bebatuan serta pasir sungai tersebut hanya digunakan sebatas untuk bahan konstruksi (pondasi) dan penambalan untuk jalan yang rusak, serta belum dikaji secara khusus sebagai bahan untuk perkerasan jalan pada campuran AC-BC. Maka dari itu, dalam studi ini akan dilakukan pengujian karakteristik agregat, desain komposisi campuran dan pengujian karakteristik campuran AC-BC batu Sungai Lauwa untuk mengetahui kualitas agregat dan kelayakannya sebagai bahan bangunan untuk infrastruktur jalan.

Beberapa penelitian sejenis sebelumnya yang membedakan dengan penelitian ini, yaitu menurut variasi campuran AC-BC maka campuran yang dipakai merupakan campuran aspal dengan nilai optimal sebesar 6% dengan komponen agregat kasar 42,82%, agregat halus 45% dan *filler* 5,45%. Menurut hasil pengujian, nilai stabilitas Marshall Sisa (SMS) dari hasil uji perendaman Marshall adalah 95,60%, dapat disimpulkan pengujian mencapai syarat yang tertera dengan nilai minimum sebesar 90%. [1]. Pemanfaatan Agregat Sungai Wanggar Kabupaten Nabire Sebagai Bahan Campuran AC-WC dan AC-BC. Komponen pencampuran Laston AC-BC adalah 43,13% agregat kasar, 46,19% agregat halus (pasir), 5,53% *filler* dan 5,14% aspal. Komposisi untuk agregat kasar 37,05%, agregat halus (pasir) 50,60%, *filler* 5,85%, dan aspal 6,50%. Sifat Marshall yang diperoleh untuk campuran Laston AC-WC tidak mencapai persyaratan nilai VMA pada kadar aspal 4,64%, sedangkan untuk campuran Laston AC-BC sifat Marshall pun tak mencapai spesifikasi yaitu VIM dan VMA dengan kadar aspal 4,64%. Karakteristik Marshall Immersion dengan campuran Laston AC-WC dan AC-BC menggunakan agregat Sungai Wanggar Kabupaten Nabire dengan kadar aspal 6,50-5,14% mempunyai indeks kekuatan sisa/indeks permeabilitas yang tinggi (>90%). [2]. Hasil pengujian Stabilitas Marshall Sisa dalam pencampuran *Asphalt Concrete – Binder Course* dengan memanfaatkan agregat Sungai Apanang Kabupaten Soppeng mencapai persyaratan Bina Marga 2018, yaitu 92,59% > 90 %. [3]. Pengujian karakteristik agregat Sungai Pattunuang, pengujian sifat aspal dan kepadatan *filler* campuran AC-BC telah mencapai persyaratan spesifikasi Bina Marga tahun 2018. Dalam uji Marshall, dihasilkan sisa nilai saat proses uji rendam Marshall adalah sebesar 91,69%. [4]. Penambahan kadar abu sekam padi mulai 0%-50% dalam kadar aspal 5,00% cukup efektif untuk proses peningkatan kestabilan campuran dan rongga dalam pencampuran berkurang, kadar aspal 5,00% mempunyai rongga yang besar. Namun, apabila kadar abu sekam padi semakin ditambah maka tidak efektif dalam mengurangi kelelahan (*flow*) ataupun meningkatkan nilai VMA dan VFB seperti yang ditunjukkan dalam kadar abu sekam padi 75% dan 100%. [5]. Pengujian *Marshall Immersion* yaitu membandingkan jumlah perendaman Marshall dibagi Marshall konvensional kemudian dikalikan dengan 100% yang menciptakan kestabilan sisa Marshall yaitu 96,48%. [6]. Penggunaan Agregat Sungai Batu Tiakka' pada Campuran AC-BC". Hasil pengujian *Marshall Immersion* dalam pencampuran AC-BC dengan kadar aspal optimum yaitu 7,00% diperoleh angka indeks kekuatan sisa (IKS) senilai 93,47% yang artinya sudah mencapai persyaratan Umum Bina Marga 2018. [7]. Hasil pengujian karakteristik campuran AC-BC di Laboratorium Aspal dengan memakai uji Marshall konvensional, dihasilkan sifat-sifat campuran aspal seperti Stabilitas, *flow*, VIM, VMA dan VFB mencapai syarat umum Bina Marga 2018. [8]. Hasil pengujian karakteristik campuran AC-BC dengan tambahan kantong plastik bekas menunjukkan nilai kestabilan maksimum terdapat pada kadar plastik 2,0% atau sebesar 1.571,37 kg. Angka indeks perendaman/indeks kekuatan sisa pencampuran AC-BC menghasilkan rata-rata nilai sebanyak 97,66%. Nilai indeks perendaman ini mencapai persyaratan umum Bina Marga 2018. [9]. Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Campuran AC-BC Yang Menggunakan Sungai Bittuang. Hasil pengujian karakteristik AC-BC dengan limbah polistiren sebagai bahan tambahan melalui uji Marshall konvensional, khusus tiap ditamhkannya scrap polistiren 0,5% maka angka VIM, VMA dan *flow* akan terus turun [10].

METODE PENELITIAN

A. Letak Tempat Mengambil Material

Lokasi pengambilan material yaitu di Sungai Lauwa Kabupaten Wajo, Provinsi Sulawesi Selatan.



Gambar 1. Peta Lokasi Sungai Lauwa Kabupaten Wajo



Gambar 2. Proses Pengambilan Material

B. Teknik Analisis Data

Terdapat 3 metode analitis dan pengolahan yang dipakai saat pengujian, yaitu:

1). Sifat Material Perkerasan Beraspal

Dengan menguji sifat-sifatnya maka diperoleh nilai karakteristik agregat atau batuan, bahan pengisi dan juga nilai karakteristik aspal. Jumlah data uji dibandingkan dengan perincian masing-masing material pengerasan aspal yang ada pada perincian umum Bina Marga Tahun 2018.

2). Rancangan Komposisi Campuran

Rencana komposisi campuran agregat AC-BC yang dipakai ialah aspal panas berdasarkan spesifikasi klasifikasi campuran aspal, dimana klasifikasi didasarkan pada lembar data teknis dan *opacity panel* tidak sama tinggi atau lebih dari batas dan lebih rendah dari batas bawah. Batasan, parameter ukuran partikel untuk setiap jenis lapisan aspal dengan menggunakan bahan :Agregat kasar (batu pecah), bahan pengikat (aspal 60/70), bahan pengisi.

3). Hasil Pengujian Karakteristik Campuran Beraspal

Sifat-sifat campuran aspal diperoleh berdasarkan hasil uji Marshall dan Marshall Immersion secara konvensional sehingga diperoleh stabilitas sisa Marshall $\geq 90\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Agregat dan Filler

Pengujian karakteristik agregat dengan sifat *filler* (semen) diuji di laboratorium. Berdasarkan pengujian yang dilakukan maka didapatkan angka karakteristik agregat serta *filler* disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

No.	Pengujian	Metode	Spesifikasi Umum 2018		Satuan	Hasil Penelitian
			Minimal	Maksimal		
1.	Keausan Agregat					
	Fraksi A	SNI 2417:2008	-	40	%	3.82
	Fraksi B					5.14
	Fraksi C					3.90
	Fraksi D					5.28
2.	Absorpsi Agregat Kasar Serta Berat Jenis					
	<i>Bulk</i>	SNI 1969:2016	2,5	-	%	2,68
	SSD		2,5	-		2,76
	<i>Apparent</i>		2,5	-		2,92
	Absorpsi		-	3		2,92
	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus					
	<i>Bulk</i>	SNI 1970:2016	2,5	-	%	2,57
	SSD		2,5	-		2,63
	<i>Apparent</i>		2,5	-		2,75
	Penyerapan		-	3		2,56
3.	Agregat Yang Lolos Saringan No. 200	SNI ASTM C117:2012	-	8	%	5,6
4.	Penelitian Kadar Lumpur Agregat Halus	SNI 03-4428-1997			%	
	<i>Sand Equivalent</i>		50	-		96.30
	Kadar Lumpur		-	5		3.61
	Agregat 3/4"	ASTM D -4791- 10	-	10	%	7.52
	1/2"					8.85
5.	3/8"					5.73
	1/4					0,00
	Partikel Lonjong 3/4"					85.82
	1/2"		-	10	%	7.81
	3/8"					6.95
6.	1/4					0,00
	Pengujian Berat Jenis <i>filler</i> Kelekatan Material terhadap Aspal					
6.	Jenis <i>filler</i> Kelekatan Material terhadap Aspal	SNI 136 : 2012.		-	%	2,27
7.	Material terhadap Aspal	SNI 2439-2011.	95		%	98

B. Karakteristik Aspal

Yang digunakan di dalam pengujian dalam campuran AC-BC adalah aspal penetrasi 60/70. Berikut adalah hasil pengujian karakteristik aspal.

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Jenis Pengujian	Metode	Spesifikasi Bina Marga		Satuan	Hasil Pengujian	Keterangan
		Min	Maks			
Penetrasi pada 25°C	SNI 2456-2011	60	70	(0,1) mm	65,7	Memenuhi
Daktilitas pada	SNI 2432-	≥ 100		cm	150	Memenuhi
Titik Lembek (°C)	SNI 2434-	≥ 48		°C	53,5	Memenuhi
Titik Nyala (°C)	SNI 2433-	≥ 232		°C	290	Memenuhi
Berat Jenis Aspal	SNI 2441-	$\geq 1,0$			1.010	Memenuhi
Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	$\leq 0,8$		%	0.18	Memenuhi
Penetrasi pada TFOT	SNI 2456-2011	≥ 54		%	55.5	Memenuhi

C. Campuran AC-BC

Komponen Pencampuran AC-WC

Menurut kadar aspal rancangan yang dihitung dihasilkan kadar aspal untuk AC-BC : 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,%.

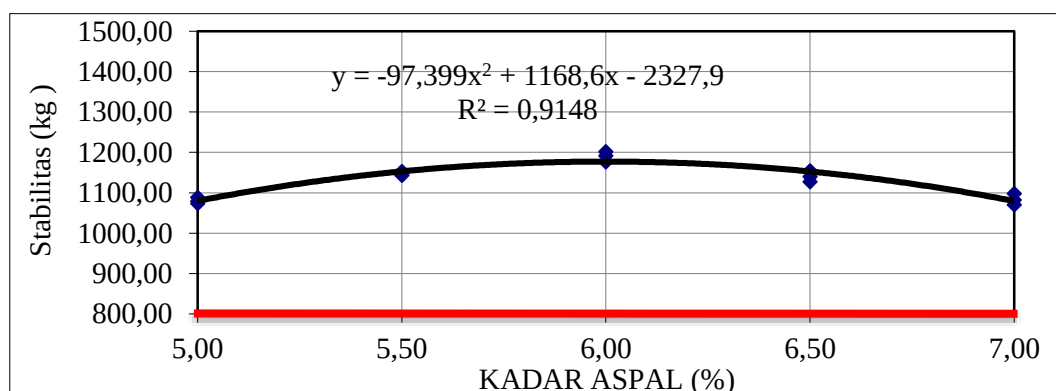
Tabel 3. Komposisi Campuran AC-BC

Kadar aspal (%)	AC-BC				
	5,0%	5,50%	6,00%	6,50%	7,00%
Berat agregat (g)	1140,00	1134,00	1128,00	1122,00	1116,00
Berat <i>filler</i> (g)	59,47	58,93	58,37	57,83	57,28
Berat aspal (g)	60,00	66,00	72,00	78,00	84,00
Berat campuran (g)	1200	1200	1200	1200	1200

D. Karakteristik Campuran

a. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan suatu campuran untuk menahan beban lalu lintas tanpa merubah bentuk, seperti permukaan jalan yang dinyatakan dalam satuan berat yaitu kilogram.



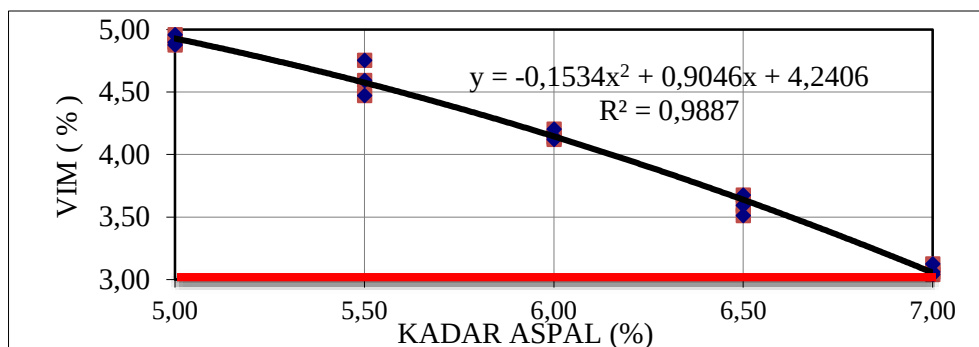
Gambar 3. Grafik Hubungan Stabilitas dan Kadar Aspal

Kadar aspal yang digunakan adalah 5,0% hingga 7,0%, kemudian dari penelitian ini diperoleh nilai stabilitas antara 1080,46 kg hingga 1190,27 kg. Penggunaan aspal yang tidak terlalu banyak akan membuat lapisan *film* menjadi lebih tipis sehingga kestabilan dalam campuran akan rendah. Semakin

banyak aspal yang ditambahkan maka lapisan *film* akan semakin tebal dan menghasilkan ikatan agregat yang kuat (stabilitas meningkat), namun jika semakin banyak aspal yang digunakan maka lapisan *film* akan menjadi terlalu tebal sehingga menyebabkan penurunan nilai aspal.

b. VIM

Void in Mix dalam campuran disebut juga rongga-rongga dalam campuran, difungsikan untuk menentukan besar kecilnya rongga-rongga dalam campuran, agar rongga-rongga tersebut tidak terlalu kecil (menyebabkan bleeding) atau terlalu besar (menyebabkan oksidasi) aspal bila terjadi penetrasi udara dan sinar ultraviolet.

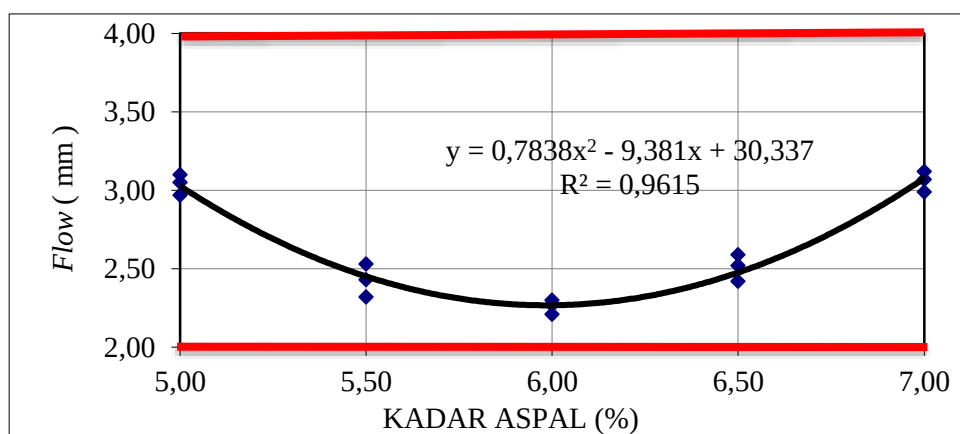


Gambar 4. Grafik Hubungan VIM dan Kadar Aspal

Dengan kadar aspal 5,0% hingga 7,0%, nilai VIM didapatkan adalah 4,91% hingga 3,08%. Menurut Gambar 4 dihasilkan kesimpulan bahwa semakin tinggi kadar aspal yang digunakan maka nilai VIM akan semakin rendah begitu pula sebaliknya jika kadar aspal yang dipakai rendah maka nilai VIM akan semakin besar, karena Aspal selain berfungsi sebagai Sebagai bahan pengikat, aspal juga berfungsi sebagai bahan pengisi untuk mengisi rongga-rongga antara agregat dan rongga-rongga di dalam partikel-partikel agregat.

c. Flow

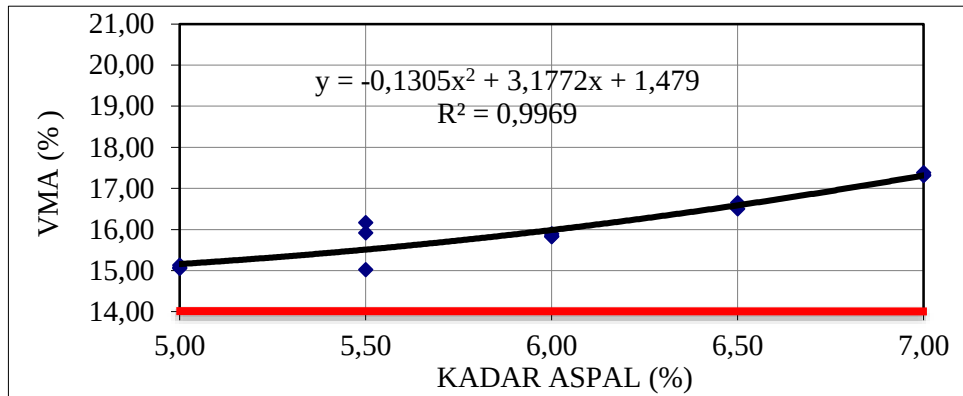
Dengan menggunakan kadar aspal antara 5,0% dan 7,0%, diperoleh nilai laju aliran antara 3,04% dan 3,06%.. Penggunaan aspal dalam jumlah besar akan meningkatkan nilai kelelahan aspal. Kadar aspal yang digunakan dalam campuran aspal sangat rendah, sehingga ikatan antar agregat berkurang dan menyebabkan kelelahan.



Gambar 5. Grafik Hubungan Flow dan Kadar Aspal

d. VMA (Void In Mineral Aggregate)

VMA dikategorikan sebagai volume pori pada beton aspal padat jika seluruh lapisan padat dihilangkan, dinyatakan dalam % dari total volume benda uji.

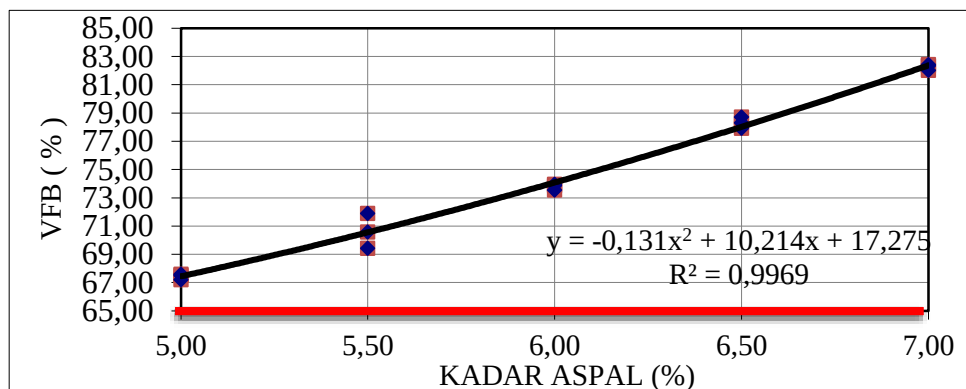


Gambar 6. Grafik Hubungan VMA dan Kadar Aspal

Semakin tinggi kadar aspal yang ada maka porositas pada agregat yang diisi aspal kian membesar sehingga nilai VMA akan mengalami proses peningkatan. Hal ini mempengaruhi turunnya suhu pemadatan sebelum aspal sempat mengisi rongga-rongga pada partikel agregat, sehingga lapisan aspal menjadi tebal. Selain menutupi agregat aspal juga berfungsi dalam pengisian ruang antar agregat dan di dalam partikel agregat.

e. VFB

VFB (Volume rongga antar partikel agregat yang terisi aspal) adalah aspal yang difungsikan dalam pelapisan partikel agregat pada beton aspal padat.

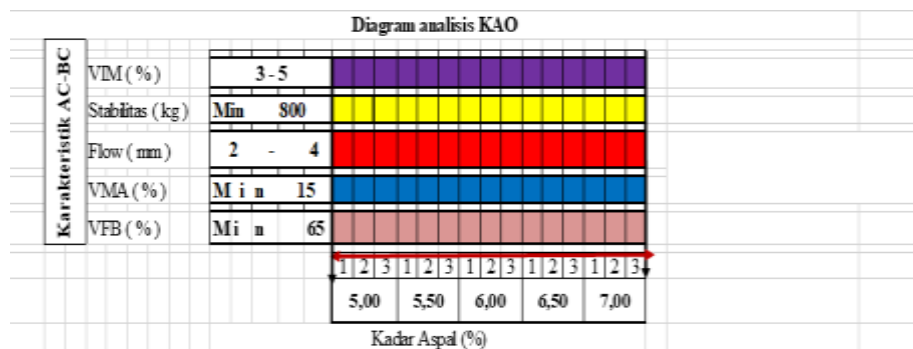


Gambar 7. Hubungan VFB dan Nilai Kadar Aspal

Nilai VFB meningkat jika terjadi penambahan kadar aspal. Kondisi ini berlangsung akibat kurangnya kadar aspal dalam pencampuran sehingga rongga-rongga dalam campuran lebih sedikit aspal yang mengisinya. Begitu pula dengan bertambahnya kadar aspal maka nilai VFB juga akan naik, karena rongga-rongga pada campuran semakin banyak terisi aspal akibat bertambahnya kadar aspal pada campuran.

E. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Dari tabel dan grafik tersebut dapat diketahui kadar aspal optimum dalam campuran aspal, yaitu kadar aspal yang memenuhi semua kriteria atau karakteristik Marshall dan kadar aspal aktual yaitu kadar Aspal pada kisaran 5,00%, 5,50%, 6,00 %, 6,50 hingga 7,00% untuk AC-BC.



Gambar 8. Diagram Analisis Kadar Aspal Optimum Campuran Beton Aspal AC-BC

Penggunaan aspal dalam jumlah yang cukup atau tidak terlalu banyak akan memberikan stabilitas yang baik atau tinggi. Dalam hal ini aspal merupakan bahan pengikat yang baik pada campuran dan juga sebagai bahan pengisi yang mengurangi volume udara dalam campuran agregat. Tentunya penggunaan aspal yang kian membanyak bisa mengubah bentuk plastis campuran serta kestabilan atau kekuatan campuran. Dengan demikian, dengan kriteria tersebut ditetapkan bahwa untuk AC-BC kadar aspal yang digunakan adalah 6,0%.

PEMBAHASAN

A. Karakteristik Bahan

Hasil pengujian karakteristik bahan berupa agregat kasar dan halus dari Sungai Lauwa, *filler* yaitu semen *Portland* serta aspal pen60/70 sudah mencapai syarat yang diterbitkan Bina Marga 2018.

B. Komposisi Campuran AC-BC

Berdasarkan perencanaan komponen pen campuran AC-BC dengan memungsikan batu Sungai Lauwa Kabupaten Wajo diperoleh komposisi agregat kasar adalah 44,78%, agregat halus 44,36%, *filler* 4,86% dan kadar aspal 6,00% yang memiliki nilai stabilitas tertinggi.

C. Karakteristik Campuran AC-BC

Hasil analisis sifat campuran AC-BC uji *Marshall* Konvensional ialah:

a. Stabilitas

Tabel 4. Nilai Stabilitas Pengujian Karakteristik Marshall AC-BC

Kadar Aspal (%)	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
Stabilitas	1088,57	1152,43	1202,09	1140,27	1070,33
	1079,45	1147,36	1191,96	1154,46	1082,49
	1073,37	1143,31	1176,75	1127,09	1097,70
Rata-rata	1080,46	1147,70	1190,27	1140,60	1083,51
Persyaratan	Min 800 (kg)				

Menurut persamaan dikurva, stabilitas terbesar diperoleh pada kadar aspal 6,0 dengan nilai stabilitas sebesar 1173,7 kg.

b. VIM (Void In Mix)

Tabel 5. Nilai VIM dari Pengujian Karakteristik Marshall AC-BC

Kadar Aspal (%)	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
VIM	4,90	4,59	4,14	3,51	3,06

	4,88	4,47	4,12	3,59	3,04
	4,96	4,75	4,20	3,68	3,12
Rata-rata	4,91	4,61	4,15	3,59	3,08
Persyaratan	3 – 5 (%)				

Menurut persamaan dikurva angka VIM yang dihasilkan minimum yaitu 4,00% pada kadar aspal 7,04% dan nilai VIM ada digaris maksimal sebanyak 5,0% ada dalam kadar aspal 4,8%.

c. Flow

Tabel 6. Nilai *Flow* dari Pengujian Karakteristik Marshall

Kadar Aspal (%)	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
	3,05	2,43	2,21	2,42	3,12
<i>Flow</i>	3,10	2,32	2,27	2,59	2,99
	2,97	2,53	2,30	2,52	3,07
Rata-rata	3,04	2,43	2,26	2,51	3,05
Persyaratan	2 – 4 (mm)				

Menurut persamaan garis kurva memperlihatkan nilai *flow* minimal dalam kadar aspal 6,0% pada nilai 2,3 mm.

d. VMA (Void in Mineral Aggregate)

Tabel 7. Nilai VMA dari Pengujian Karakteristik Marshall

Kadar Aspal (%)	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
	14,07	15,02	15,84	16,51	17,33
VMA	14,06	14,92	15,82	16,58	17,31
	14,13	15,17	15,89	16,65	17,38
Rata-rata	14,09	15,04	15,85	16,58	17,34
Persyaratan	Min 14 (%)				

Menurut persamaan garis ditunjukkan bahwa VMA minimum 14,00% ada dalam kadar aspal 4,90%.

e. VFB (Void Filled with Bitument)

Tabel 8. Hasil Pengujian Nilai VFB untuk AC-BC

Kadar Aspal (%)	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
	65,21	69,43	73,86	78,72	82,34
VFB	65,30	70,01	73,96	78,32	82,44
	64,91	68,65	73,56	77,92	82,03
Rata-rata	65,14	69,36	73,79	78,32	82,27
Persyaratan	Min 65 (%)				

Menurut persamaan garis kurva menghasilkan total VFB sampai digaris minimal 65,00% ada dalam kadar aspal 4,94%.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian karakteristik agregat, aspal dan berat jenis *filler* dengan memungsikan material dari Sungai Lauwa dalam pencampuran AC-BC, dinyatakan telah mencapai persyaratan Spesifikasi Bina Marga

Tahun 2018. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh komposisi campuran yaitu agregat kasar sebanyak 44,78%, halus 44,36%, *filler* sebanyak 4,86% dan kadar aspal 6,00%. Nilai Karakteristik pencampuran AC-BC saat uji *Marshall Konvensional* didapatkan untuk nilai stabilitas, VFB, VIM, VMA, dan *flow* telah mencapai spesifikasi Standar Bina Marga 2018. Dan uji *Marshall Konvensional* menghasilkan persentase Kadar Aspal Optimum yaitu 6,0% dan selanjutnya dilakukan uji *Marshall Immersion* dengan rata-rata nilai kestabilan *Marshall* Sisa sebesar $96,12\% \geq 90\%$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dicky, Alpius, dan Elizabeth, “Karakteristik Campuran AC-BC Menggunakan Batu Sungai Salo Pattejang Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep,” *pcej*, vol. 3, no. 4, pp. 570–576, Dec. 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i4.336.
- [2] F. L. Irianto, dan Alpius, “Pemanfaatan Agregat Sungai Wanggar Kabupaten Nabire Sebagai Bahan Campuran AC-WC dan AC-BC,” *pcej*, vol. 1, no. 2, pp. 27–36, Jan. 2020, doi: 10.52722/pcej.v1i2.59.
- [3] Madallo, R. Mangontan, dan Alpius, “Pemanfaatan Batu Sungai Apanang Kecamatan Marioriwawo Kabupaten Soppeng Sebagai Agregat Pada Campuran AC-BC,” *pcej*, vol. 3, no. 4, pp. 531–537, Dec. 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i4.332.
- [4] Y. E. Panggalo, Alpius, dan L. E. Radjawane, “Pemanfaatan Batu Sungai Pattunuang Kabupaten Maros Pada Campuran AC-BC,” *pcej*, vol. 4, no. 1, hlm. 26–32, Mar. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i1.374.
- [5] R. P. F. Pude, R. Mangontan, dan Alpius, “Pemanfaatan Batu Sungai Pucak dengan *Filler* Abu Sekam Padi untuk Lapis AC-BC,” *pcej*, vol. 5, no. 1, hlm. 1–7, Mar. 2023, doi: 10.52722/pcej.v5i1.584.
- [6] D. N. Sampe, Alpius, dan Elizabeth, “Pengaruh Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Campuran AC-BC Batu Sungai Tetean Kabupaten Mamasa,” *pcej*, vol. 4, no. 2, hlm. 201–208, Jun. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i2.448.
- [7] G. P. Palimbunga, R. Rachman, dan Alpius, “Penggunaan Agregat Sungai Batu Tiakka’ dalam Campuran AC-BC,” *pcej*, vol. 2, no. 2, hlm. 112–118, Aug. 2020, doi: 10.52722/pcej.v2i2.129.
- [8] V. Mangetan, R. Mangontan, dan Alpius, “Penggunaan Batu Sungai Seriti Kabupaten Luwu pada Campuran AC-BC,” *pcej*, vol. 3, no. 1, hlm. 76–84, Feb. 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i1.207.
- [9] S. Yuniarti, R. Rachman, dan Alpius, “Studi Karakteristik Campuran AC-BC Berdasarkan Limbah Kantong Plastik Sebagai Bahan Tambah,” *pcej*, vol. 2, no. 2, hlm. 70–76, Aug. 2020, doi: 10.52722/pcej.v2i2.135.
- [10] N. Sambo, R. Rachman, dan Alpius, “Utilization of Styrofoam Waste as Additive to AC-BC Mixture Using Bittuang River,” *pcej*, vol. 3, no. 3, hlm. 38–48, Oct. 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i3.283.