

Pemanfaatan Batu Sungai Desa Saptamarga Kabupaten Luwu Utara Sebagai Bahan Campuran AC-BC

Evineus Rivaldo Kunde ^{*1a}, Robert Mangontan ^{*2}, Herby Calvin Pascal Tiyouw ^{*3}

Submit:
20 Juni 2024

Review:
25 Juni 2024

Revised:
25 Juli 2024

Published :
12 Agustus 2024

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

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

^{*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, herbycalvin@ukipaulus.ac.id

^aCorresponding Author: evineuskunde@gmail.com

Abstrak

Agregat adalah bongkahan batu yang biasanya berukuran tidak beraturan yang diambil dari sungai dan biasanya digunakan sebagai bahan campuran untuk konstruksi, termasuk konstruksi perkerasan jalan. Karena cepatnya perkembangan infrastruktur jalan, agregat menjadi bahan yang semakin dibutuhkan. Sungai di Desa Saptamarga adalah sungai yang mengalir di Desa Saptamarga, Kabupaten Luwu Utara, sungai ini mempunyai banyak sumber material namun belum diteliti secara khusus tentang karakteristik Batu Sungai Desa Saptamarga. Studi ini bertujuan untuk menentukan komposisi campuran AC-BC, karakteristik aspal, dan berat jenis *filler*, serta nilai karakteristik campuran AC-BC dalam pengujian Marshall Konvensional yang dilakukan di Laboratorium. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua parameter karakteristik campuran, termasuk stabilitas, *flow*, VFB, VIM, dan VMA, telah memenuhi kadar aspal 5%, 5%, 6%, 6,5%, dan 7%. Kadar aspal optimum (KAO) adalah 6%, dan nilai stabilitas Marshall Sisa (SMS) adalah 97,72 %.

Kata kunci : Sungai, AC-BC, Marshall

Abstract

Aggregates are lumps of stone that are usually irregular in size taken from rivers and are usually used as a mixture for construction, including road pavement construction. Due to the rapid development of road infrastructure, aggregate is becoming an increasingly needed material. The river in Saptamarga Village is a river that flows in Saptamarga Village, North Luwu Regency. This river has many material sources but has not been specifically studied regarding the characteristics of the Saptamarga Village River Stone. This study aims to determine the composition of the AC-BC mixture, asphalt characteristics, and specific gravity of the filler, as well as the characteristic values of the AC-BC mixture in the Conventional Marshall test carried out in the Laboratory. The test results show that all mixture characteristic parameters, including stability, flow, VFB, VIM, and VMA, meet the asphalt content of 5%, 5%, 6%, 6.5%, and 7%. The optimum asphalt content (KAO) is 6%, and the residual Marshall stability (SMS) value is 97.72%.

Keywords : River, AC-BC, Marshall

PENDAHULUAN

Agregat merupakan bongkahan batu yang biasanya berukuran tidak beraturan yang diambil dari sungai dan biasanya digunakan sebagai bahan campuran untuk konstruksi, termasuk konstruksi perkerasan jalan. Karena cepatnya perkembangan infrastruktur jalan, agregat menjadi bahan yang semakin dibutuhkan.

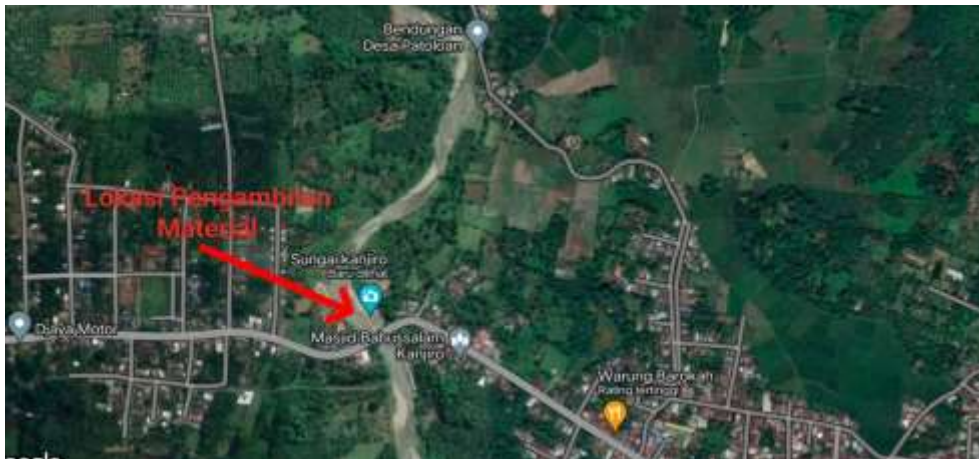
Ketersediaan batu Sungai di Desa Saptamarga tepatnya di Kabupaten Luwu Utara mungkin dapat dimanfaatkan secara maksimal, Pemerintah menyarankan agar memanfaatkan material disekitar daerah pembangunan jalan karena pemanfaatan sumber daya alam yang tersedia sangat dianjurkan. Hal ini disebabkan penggunaan material pada lokasi pembangunan jalan dinilai lebih hemat biaya dan waktu. Sungai di Desa Saptamarga adalah sungai yang mengalir di Desa Saptamarga, Kabupaten Luwu Utara, sungai ini mempunyai banyak sumber material namun belum diteliti secara spesifik mengenai karakteristik Batu Sungai Desa Saptamarga.

Studi yang dilakukan oleh Darma Sapa', diperoleh jika campuran direndam pada waktu yang lama dengan suhu standar 60 °C, nilai durabilitasnya (keawetan/daya tahan) akan meningkat. Untuk proses merendam 12 sampai 48 jam, nilainya mengikuti spesifikasi, namun untuk proses merendam 60 jam, nilainya kurang dari 90%. Penyebabnya ialah jumlah rongga dan pori-pori yang mengandung udara. Akibatnya, campuran tidak kedap udara dan mudah rusak.[1]. Hasil pemeriksaan laboratorium untuk uji Marshall menunjukkan komponen campuran Laston AC-WC ideal dengan kadar aspal 5,50%, fraksi agregat kasar 37,2%, agregat halus 51,4%, dan semen 5, 4%. Nilai-nilai yang dijadikan patokan termasuk stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFB, MQ, dan IKS.[2]. Data uji menunjukkan bahwa untuk hasil pengujian Marshall Konvensional, Campuran yang menggunakan batu Kali Cikee mempunyai nilai karakteristik *flow*, kestabilan, VIM, VMA, dan VFB yang mengikuti standar. Angka SMS saat uji Marshall Immersion adalah 93,7%, dengan KAO 6% memenuhi persyaratan Bina Marga.[3]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kadar aspal AC-BC maksimum yang dapat dicapai dengan mensubstitusi agregat kasar batu laterit adalah 50%, sedangkan nilai kadar aspal optimal adalah 5,48%. Karakteristik Marshall yang dihasilkan dengan metode ini antara lain stabilitas 1980kg, *flow* 3,95%, VIM 4,96%, VMA 16,42%, VFA 72,07%, dan MQ 510,63kg/mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran AC-BC yang menggantikan agregat kasar dengan batu laterit memenuhi spesifikasi lapisan aspal AC-BC.[4]. Batu Kali Pappa yang ditemukan di Kecamatan Polong Bangkeng Utara Kabupaten Takalar mengikuti standar aturan yang dibutuhkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar perkerasan jalan. Konsentrasi aspal campuran AC-WC diperoleh sebesar 5,50%, 6,00%, 6,50%, 7,00%, dan 7,50% dengan uji Marshall. SMS sebanyak 94,36%, mengiktui aturan Bina Marga 2018 yakni 90%, dengan kadar aspal ideal 5,50%.[5]. Hasil pengujian laboratorium untuk sifat bahan agregat, aspal, dan semen menunjukkan bahwa komposisi campuran AC-BC mengandung 6,25% semen, 38,05% agregat kasar, dan 50,70% agregat halus. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa VIM, Stabilitas, VMA, VFB, *flow*, dan SMS semuanya sesuai dengan Spesifikasi Jalan.[6]. Dalam penelitian sebelumnya, nilai campuran AC-BC diperoleh pada suhu pencampuran 120 °C, 130 °C, 140 °C, 150 °C, dan 160 °C, dengan stabilitas 1373,40, *flow* 2,40mm, VIM 3,46 % , VMA 15,27 %, dan FVB 77,33 %. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu campuran sangat mempengaruhi nilai parameter Marshall.[7]. Hasil pengujian menunjukkan angka dicampuran AC-BC pada tiap konsentrasi suhu yang dipakai, yakni 120 °C, 130 °C, 140 °C, 150 °C, dan 160 °C. Nilai stabilitasnya adalah 1677,06 hingga 1940,40 kg, *flow* 3,87 hingga 2,92mm, VIM adalah 4,76 hingga 3,35%, VMA adalah 16,41% hingga 15,17%, dan VFB adalah 70,01 % hingga 77,92%. Parameter Marshall adalah suhu campuran.[8]. Uji Marshall campuran AC-BC menemukan IP, IKS, dan Durabilitas. Nilai IP rata-rata untuk panjang serat 3 cm adalah 93,20%, panjang serat 4 cm adalah 93,35%, panjang serat 6 cm adalah 95,81%, dan panjang serat 7 cm adalah 98,92%.[9]. Hasil uji Marshall menunjukkan bahwa hasil dari percobaan ketiga tidak melebihi atau kurang dari spesifikasi, kecuali untuk nilai VIM yang berubah 45% dan 50% pada kadar aspal optimum 6,5%, masing-masing 5,22% dan 5,35%, sedangkan spesifikasinya adalah 3% hingga 5%. [10]

METODOLOGI

A. Lokasi Pengambilan Material

Agregat dikumpulkan dari Sungai Desa Saptamarga, yang berada di Kecamatan Sukamaju, Kabupaten Luwu Utara. Kampung ini berbatasan dengan Desa Kaluku sebelah Utara, Desa Tolangi di bagian Selatan, Desa Bone-Bone di Timur, dan Desa Salulemo bagian Barat.



Gambar 1. Lokasi Pengumpulan Agregat



Gambar 2. Proses Pengumpulan Agregat

B. Perancangan Komposisi Campuran AC-BC

Bahan dan material yang di gunakan dalam pencampuran aspal yakni:

1. Pemakaian Agregat diperoleh dari Sungai Kanjiro, Desa Saptamarga.
2. Aspal Penetrasi 60/70 sebagai pengikat
3. *Filler* yakni semen.

C. Pembuatan Benda Uji Campuran AC-BC

Perincian rencana pembuatan sampel yang akan dipakai ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 1. Jumlah Sampel

Kadar Aspal	AC-BC	
	Banyaknya Sampel	
	Marshall Konvensional	Marshall Immersion
5,00 %	3	
5,50 %	3	
6,00 %	3	3
6,50 %	3	
7,00 %	3	
Total	15	3



Gambar 3. Benda Uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Material

Tabel 2. Karakteristik Agregat

No	Pengujian	Metode	Spesifikasi Umum Bina Marga 2018		Satuan	Hasil Penelitian	Keterangan
			Min	Max			
1	Keausan Agregat					19,58	Memenuhi
	Fraksi A	SNI				18,48	
	Fraksi B	2417:2008	-	40	%	21,28	
	Fraksi C					23,27	
	Fraksi D						
2	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	SNI	2,5	-		2.66	Memenuhi
	Bulk	1969:2016	2,5	-		2.70	
	SSD		2,5	3	%	2.76	
	Apparent		-			1.52	
	Penyerapan						
	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus		2,5	-		2,58	

Bulk		2,5	-	%	2,61	
SSD	SNI	2,5	-3		2,66	Memenuhi
Apparent	1970:2016	-			1,22	
Penyerapan						
Analisa Saringan						
3/4"		90	100		95,95	
1/2"		75	90		85,31	
3/8"		66	82		75,59	
No.4		46	64		57,90	
No.8	SNI ASTM	30	49		41,70	
No.16	C136:20	18	38		30,18	Memenuhi
No.30	12	12	28	%	22,66	
No.50		7	20		16,23	
No.100		5	13		11,05	
No.200		4	8		5,02	
PAN		0	0		0	
4 Uji Agregat Lolos Ayakan	SNI ASTM					
No.200	C117:20	-	10	%	6,6	Memenuhi
	12					
Pemeriksaan Kadar						Memenuhi
5 Lumpur	SNI 03-			%		
Sand Equivalent	4428-	50	-		97,71	
Kadar Lumpur	1997	-	5		2,29	
Partikel Pipih						
3/4"		-	10	%	69,90	
1/2"	ASTM D				348,71	
3/8"	4791-				55,66	
1/4"	10					Memenuhi
Partikel Lonjong	Perbandi					
3/4"	ngan 1:5	-	10	%	161,26	
1/2"					290,73	
3/8"					75,80	
1/4"						
7 Kelekatan Agregat						Memenuhi
Terhadap Aspal	SNI	95	-	%	95	
	2439-					
	2011					
8 Pemeriksaan Berat	SNI	-	-	%	2,849	Memenuhi
Jenis Filler	ASTM					
	C136:201					
	2					

Tabel 3. Karakteristik Aspal

Jenis Pengujian	Metode	Spesifikasi Bina Marga		Satuan	Hasil Pengujian	Keterangan
		Min	Maks			
Penetrasi pada 25 °c	SNI 2456-2011	60	79	(0,1) mm	64,8	Memenuhi
Daktilitas pada 25 °c	SNI 2432-2011	≥ 100		Cm	136,7	Memenuhi
Titik Lembek (°C)	SNI 2434-2011	≥ 48		°C	54	Memenuhi

Titik Nyala (°C)	SNI 2433-2011	≥ 232	°C	290	Memenuhi
Berat Jenis Aspal	SNI 2441-2011	$\geq 1,0$		1,190	Memenuhi
Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	$\leq 0,8$	%	0,12	Memenuhi
Penetrasi pada TFOT	SNI 2456-2011	≥ 54	% semula	98,63	Memenuhi

1. Analisa Terhadap Stabilitas

Kemampuan campuran sebagai penopang terhadap beban lalu lintas dengan tidak mengubah bentuknya disebut sebagai stabilitas dan diukur dengan kg.

Tabel 4. Nilai Stabilitas Dari Uji Karakteristik AC-BC

Kadar Aspal	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
Stabilitas	1241,87	1564,77	1714,62	1707,42	1642,58
	1265,30	1569,09	1700,21	1700,21	1678,60
	1218,44	1579,18	1701,65	1703,09	1693,01
Rata-Rata	1241,87	1571,02	1705,50	1703,58	1671,40
Ketentuan	Min 800kg				

Dengan menggunakan kadar aspal 5%-7% diperoleh nilai stabilitas sebanyak 1241,87 kg untuk kadar 5%, ketika kadar 5,5% naik ke 1571,02 kg, 6% juga meningkat sebanyak 1705,50 kg, saat kadar 6,5% menjadi 1703,58 kg, dan menurun menjadi 1671,40 kg ketika kadar aspal yang dipakai 7%.

2. Analisis Untuk VIM (Void In Mixture)

VIM merupakan banyaknya pori-pori yang ditemukan pada beton aspal ketika sudah melalui pemadatan. Kombinasi tersebut menimbulkan banyak rongga karena angka VIM yang besar dan kadar aspal yang sedikit, sehingga tidak mampu menahan beban berulang. Selain mengurangi jumlah rongga, penggunaan banyak aspal memberi perubahan terhadap bentuk plastis campuran, yang mempengaruhi kemampuan campuran.

Tabel 5. Nilai VIM Dari Uji Karakteristik AC-BC

Kadar Aspal	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
VIM	4,05	4,16	4,36	4,36	4,23
	4,01	4,28	4,40	4,31	4,30
	4,05	4,23	4,35	4,20	4,25
Rata-Rata	4,04	4,22	4,37	4,29	4,26
Persyaratan	3 - 5 (%)				

Dengan pemakaian kadar aspal 5%-7% pada campuran AC-BC dihasilkan angka VIM pada kadar 5% sebanyak 4,04%, saat kadar 5,5% terjadi peningkatan sejumlah 4,22%, ketika 6% mengalami peningkatan sebesar 4,37%, untuk variasi 6,5% memberikan penurunan sebanyak 4,29%, dan saat variasi 7% juga mengalami penurunan sebesar 4,26%.

3. Analisis terhadap Flow

Tabel 6. Angka Flow Dari Uji Sifat AC-BC

Kadar Aspal	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
-------------	------	------	------	------	------

	2,83	2,65	2,64	2,94	3,15
<i>Flow</i>	2,80	2,62	2,65	2,91	3,12
	2,79	2,61	2,68	2,90	3,11
Rata-Rata	2,81	2,63	2,66	2,92	3,13
Ketentuan	2 - 4(mm)				

Pemakaian kadar aspal 5%-7% menciptakan nilai *flow* saat kadar 5% menghasilkan nilai sebanyak 2,81 mm, ketika kadar 5,5% terjadi penurunan yakni 2,63 mm, saat 6% menjadi 2,66 mm, di kadar aspal 6,5% meningkat hingga 2,92 mm dan 7% juga mengalami peningkatan ke 3,13 mm.

4. Analisis Untuk VMA

Volume pori-pori beton aspal yang sudah mengalami pemadatan, atau VMA, diberikan dalam persentase setelah semua lapisan penutup yang dipadatkan telah hilang.

Tabel 7. Angka VMA Dari Uji Sifat AC-BC

Kadar Aspal	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
	14,87	16,15	17,50	18,67	19,72
VMA	14,83	16,26	17,54	18,63	19,78
	14,87	16,22	17,50	18,54	19,74
Rata-Rata	14,86	16,21	17,51	18,61	19,75
Ketentuan	Min 14 (%)				

Pemakaian kadar aspal 5%-7% menciptakan persentase VMA ketika kadar 5% sebanyak 14,86%, untuk kadar aspal 5,5% menaik hingga 16,21%, di kadar aspal 6% naik ke 17,51%, juga 6,5% memberi peningkatan angka ke 18,61%. Dan juga kadar aspal 7% pun naik hingga 19,75%.

5. Analisis VFB (Void Filled With Bitumen)

Istilah "VFB", yang didefinisikan dengan persentase, mengacu pada volume rongga yang timbul diadregat yang mengandung aspal efektif. Karena nilai pengisian aspal yang begitu tinggi maka semakin besar pula nilai VFB maka campuran semakin kedap terhadap udara dan air.

Tabel 8. Angka VFB Dari Uji Sifat AC-BC

Kadar Aspal	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
	72,75	74,26	75,10	76,66	78,56
VFB	72,97	73,68	74,93	76,86	78,26
	72,77	73,89	75,14	77,33	78,45
Rata-Rata	72,83	73,95	75,06	76,95	78,42
Persyaratan	Min 65 (%)				

Penggunaan kadar aspal antara 5%-7%, angka VFB dihasilkan sebagai berikut: persentase 5% adalah 72,83%; persentase 5% meningkat menjadi 73,95%; persentase 6% meningkat menjadi 75,06%; dan persentase 7% meningkat menjadi 78,42%.

PEMBAHASAN

A. Karakteristik Agregat

Menurut Tabel 2 data uji sifat yang memanfaatkan agregat Batu Sungai Desa Saptamarga Kabupaten Luwu Utara setiap pengujian sifat agregat, karakteristik aspal 60/70 dan berat jenis *filler* memenuhi kriteria dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

B. Proporsi Penggunaan Campuran AC-BC

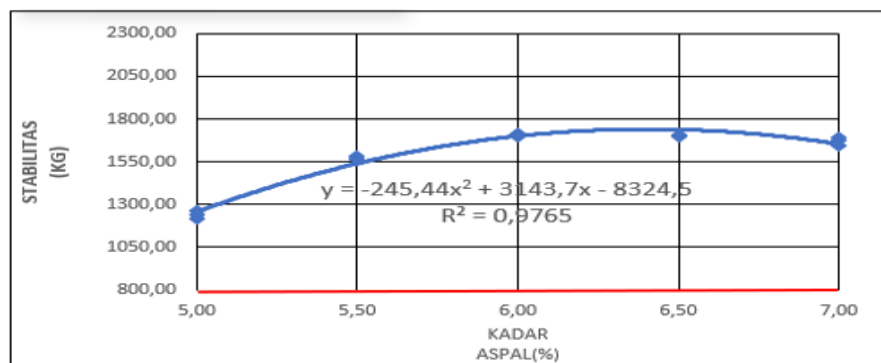
Dari data komposisi Campuran AC-BC yang memanfaatkan agregat Desa Saptamarga diperoleh proporsi Agregat Kasar yaitu 39,92%, Agregat Halus 49,61%, *Filler* 4,47% dan Kadar Aspal 6,00%.

C. Pengujian Marshall

Menurut data uji menggunakan metode *Marshall Konvensional* pada pencampuran AC-BC dengan memanfaatkan batu Sungai Desa Saptamarga dihasilkan:

1. Stabilitas

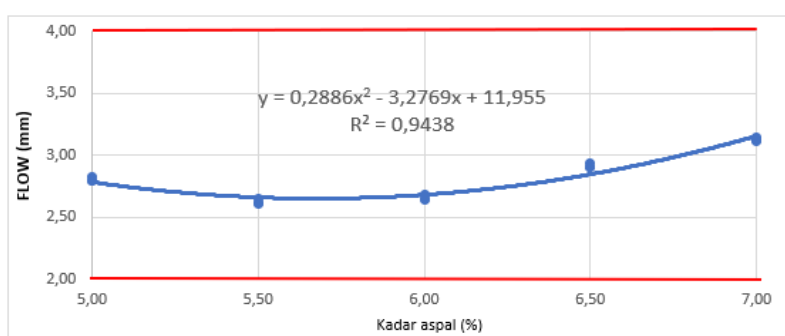
Jika kadar aspal dicampuran AC-BC hanya sedikit, dasar agregat akan memiliki selimut aspal yang tipis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar. Akibatnya, ikatan antar agregat (*interlocking*) melemah, yang mengurangi stabilitas campuran, namun bila aspal ditambahkan lagi, ikatan antar agregat akan menguat, atau stabilitas campuran akan meningkat.



Gambar 5. Hubungan Antara Kadar Aspal dan Stabilitas Campuran AC-BC

2. Flow

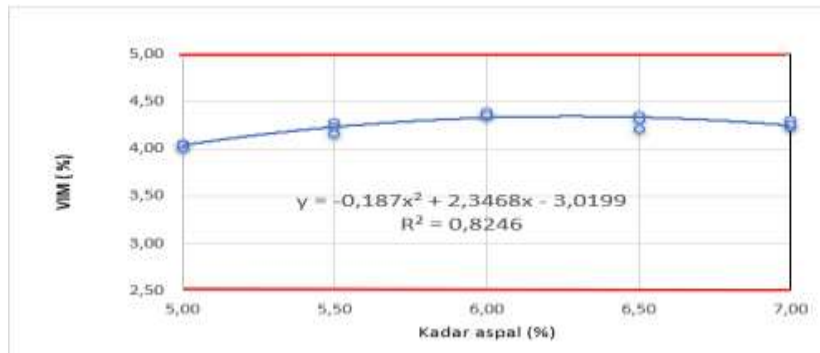
Jika aspal ditambahkan ke campuran beraspal yang lebih kecil, kelenturan campuran meningkat, seperti yang ditunjukkan pada gambar. Namun, jika aspal ditambahkan lebih banyak, ikatan antar agregat dicampuran menguat, yang menyebabkan campuran menjadi kurang lentur. Selanjutnya, jika aspal digunakan lebih banyak, penyalutan aspal akan menebal, yang mengurangi kemampuan campuran namun meningkatkan kelenturan. Fleksibilitas atau *flow* campuran akan berbanding terbalik dengan kekuatan atau stabilitasnya.



Gambar 6. Hubungan Antara Kadar Aspal dan Flow Campuran AC-BC

3. VIM (Void in Mix)

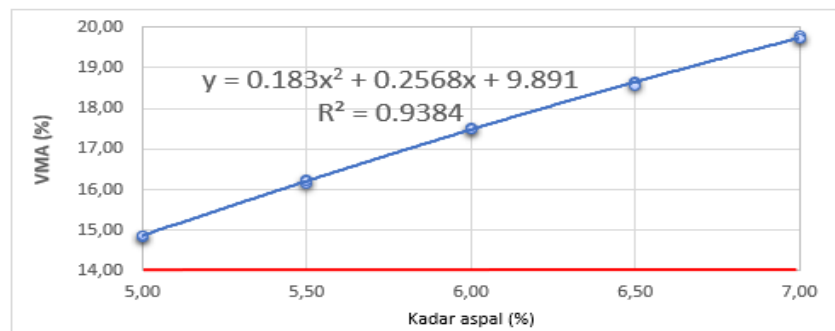
Nilai VIM meningkat hingga kadar 6,5% kemudian nilainya menurun untuk kadar selanjutnya. Berdasarkan persamaan garis kurva, VIM hampir memenuhi garis minimum 3mm dikadar aspal 4,42%, dan batas maksimumnya adalah 5 mm ketika kadar aspal 6,5 %.



Gambar 7. Hubungan Antara Kadar Aspal dan VIM Campuran AC-BC

4. VMA (Void in Mineral Aggregate)

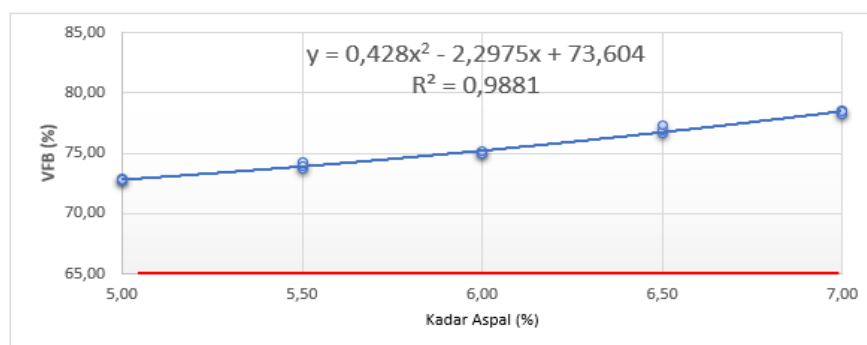
Rongga pada agregat yang diisi aspal semakin besar dengan semakin banyak aspal yang dipakai. Peralnya, aspal banyak digunakan dalam proses pencampuran dan pemadatan, menutupi agregat dan mengisi ruang antara aspal dengan agregat lainnya.



Gambar 8. Hubungan Kadar Aspal dan VMA Campuran AC-BC

5. VFB (Voids Filled With Bitumen)

Kadar aspal yang rendah akan menyebabkan berkurangnya nilai VFB, begitupun sebaliknya. dimana seluruh celah campuran dan agregat akan terisi oleh aspal.



Gambar 9. Hubungan Antara Kadar Aspal dan VFB Campuran AC-BC

D. Stabilitas Marshall Sisa

Hasil dari pengujian perendaman Marshall menunjukkan stabilitas AC-BC Marshall Sisa sejumlah 97,72%, yang merupakan campuran yang bisa bertahan untuk suhu dan lama proses merendam. Angka stabilitas Marshall Sisa ini mengikuti kriteria Bina Marga 2018 sebesar 90%.

KESIMPULAN

Karakteristik agregat dari Sungai Desa Saptamarga Kabupaten Luwu Utara, karakteristik aspal, dan *filler* dicampurkan AC-BC mengikuti aturan Bina Marga. Menurut data uji *Marshall Konvensional* campuran AC-BC menggunakan agregat dari Sungai Desa Saptamarga di peroleh Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu 6,0% dengan rancangan komposisi campuran yaitu, agregat kasar 39,92%, halus 49,61%, *filler* 4,47% dengan KAO 6,00%. Pengujian *Marshall Konvensional* didapatkan nilai KAO yaitu 6,0% lalu dilaksanakan uji *Marshall Immersion* yang dihasilkan angka SMS adalah 97,72.

REFERENSI

- [1] D. Sapa', Alpius, and C. Kamba, "Durabilitas Campuran AC-BC dengan Menggunakan Batu Gunung Bou Buya Kabupaten Poso," *pcej*, vol. 4, no. 3, pp. 505–513, Nov. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i3.528.
- [2] E. Faraknimela, M. Selintung, and Alpius, "Penggunaan Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Campuran AC-BC Menggunakan Batu Sungai Pucak Kabupaten Maros," *pcej*, vol. 4, no. 4, pp. 687–697, Dec. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i4.557.
- [3] M. A. Lalembang, Alpius, and W. G. Boro, "Karakteristik Campuran Laston BC Menggunakan Batu Sungai Cikkee Kecamatan Lalabata Kabupaten Soppeng," *pcej*, vol. 4, no. 4, pp. 686–696, Dec. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i4.554.
- [4] A. Putrawirawan, I. Ibayasid, and R. Tristo, "Pemanfaatan Batu Laterit Sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar pada campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)," *TEKNIKD*, vol. 10, no. 3, p. 166, Dec. 2022, doi: 10.31293/teknikd.v10i3.6848.
- [5] N. Ro'son, R. Rachman, and Alpius, "Pemanfaatan Batu Sungai Pappa Kecamatan Polong Bangkeng Utara, Kabupaten Takalar Dalam Campuran AC - WC," *pcej*, vol. 5, no. 1, pp. 40–49, Mar. 2023, doi: 10.52722/pcej.v5i1.589.
- [6] W. T. Payung, Alpius, and Elizabeth, "Pemanfaatan Limbah Marmer Sebagai Agregat Dalam Campuran AC-BC," *pcej*, vol. 5, no. 3, pp. 467–472, Sep. 2023, doi: 10.52722/pcej.v5i3.710.
- [7] N. Pasambo, Alpius, and L. E. Radjawane, "Pengaruh Temperatur Pencampuran Terhadap Campuran AC-BC Dengan Menggunakan Batu Sungai Seriti," *pcej*, vol. 4, no. 3, pp. 461–471, Oct. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i3.522.
- [8] I. Saroan, Alpius, and E. B. Fitriani, "Pengaruh Temperatur Pencampuran Terhadap Campuran Ac-Bc Yang Menggunakan Batu Gunung Kongkang Kesu'," *pcej*, vol. 5, no. 2, pp. 264–274, Jun. 2023, doi: 10.52722/pcej.v5i2.635.
- [9] A. Pareang, Alpius, and B. Tanan, "Pengaruh Variasi Panjang Serat Tebu Sebagai Bahan Tambah Terhadap Indeks Perendaman Campuran AC-BC," *pcej*, vol. 5, no. 1, pp. 185–193, Mar. 2023, doi: 10.52722/pcej.v5i1.612.
- [10] Muh. Imam Wahyudi Azis, H. Hamsyah, and K. Kasmaida, "Uji Experimental Variasi Agregat Halus Pada Campuran Asphalt Ac-Bc," *karajata*, vol. 2, no. 1, pp. 64–72, Jun. 2022, doi: 10.31850/karajata.v2i1.1600.