

Pemanfaatan Batu Sungai Budong-Budong Kabupaten Mamuju Tengah Dalam Campuran AC-WC

Chornelius Sapan ^{*1a}, Robert Mangontan ^{*2}, Wona Grace Boro^{*3}

Submit:
20 Februari 2025

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia sapanchornelius6@gmail.com

Review:
29 Februari 2025

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

Revised:
20 Maret 2025

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

Published :
27 Maret 2025

^aCorresponding Author : sapanchornelius6@gmail.com

Abstrak

Kabupaten Mamuju Tengah dibentuk pada tahun 2013 sebagai hasil pemekaran dari Kabupaten Mamuju, dengan tujuan meningkatkan pelayanan pemerintahan dan mempercepat pembangunan di wilayah tersebut. Mamuju Tengah memiliki ibu kota di Tobadak. Studi ini bertujuan agar diketahui karakteristik agregat dari Sungai Budong-budong dan menilai kelayakannya dalam campuran AC-WC menurut spesifikasi Bina Marga 2018. Metode penelitian melibatkan pengujian laboratorium terhadap karakteristik agregat, aspal, dan *filler*, serta pengujian *Marshall* konvensional dan *Marshall Immersion* untuk menilai stabilitas dan daya tahan campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa agregat Sungai Budong-budong memiliki karakteristik yang memenuhi standar Bina Marga 2018, diperoleh nilai Stabilitas 1559,56 kg, nilai *flow* 3,18 mm, nilai VIM 4,54 %, nilai VMA 19,34%, nilai VFB 76,51% dengan stabilitas *Marshall Sisa* (SMS) mencapai 93,88% pada kadar aspal optimum 6,5%.

Kata kunci : Agregat, AC-WC, Marshall

Abstract

Central Mamuju Regency was formed in 2013 as a result of the expansion of Mamuju Regency, with the aim of improving government services and accelerating development in the region. Central Mamuju has its capital in Tobadak. The purpose of this study is to identify the properties aggregates from the Budong-budong River and assess their feasibility in AC-WC mixtures based on the 2018 Bina Marga specifications. The research method involves laboratory testing of aggregate, asphalt, and *filler* characteristics, as well as conventional *Marshall* and *Marshall Immersion* tests to assess the stability and durability of the mixture. The results showed that the Budong-budong River aggregate has characteristics that meet the 2018 Bina Marga standards, obtained a Stability value of 1559.56 kg, a flow value of 3.18 mm, a VIM value of 4.54%, a VMA value of 19.34%, a VFB value of 76.51% with *Marshall Remaining* (SMS) stability reaching 93.88% at an optimum asphalt content of 6.5%.

Keywords : Aggregates, AC-WC, Marshall

PENDAHULUAN

Batu pada sungai adalah bongkahan batu yang biasanya tidak beraturan. Batu sungai ini digunakan secara luas sebagai agregat dalam berbagai jenis konstruksi, contohnya untuk pembangunan perkerasan jalan. Semakin banyak jalan yang dibangun mengakibatkan peningkatan kebutuhan akan bahan baku.

Kabupaten Mamuju Tengah adalah Kabupaten ini dibentuk pada tahun 2013 sebagai hasil pemekaran dari Kabupaten Mamuju, dengan tujuan meningkatkan pelayanan pemerintahan dan mempercepat pembangunan di wilayah tersebut. Mamuju Tengah memiliki ibu kota di Tobadak. Di Sungai Budong-budong, Kabupaten Mamuju Tengah memiliki banyak material berupa batu sungai yang memiliki ukuran yang tak beraturan dan kemungkinan dapat dijadikan sebagai bahan campuran beraspal untuk jalan raya. Dengan memanfaatkan batu yang ada di Sungai Budong-budong juga memberikan pendapatan daerah tempat pengambilan agregat.

Campuran dengan kadar *filler* 100% dari berat total campuran memiliki variasi penambahan *filler* abu batu zeolit yang paling baik.[1]. Meskipun substitusi sebagian abu batu dapat meningkatkan nilai kuat tekan dari Uji Marshal, namun nilai VIM tersebut tidak melebihi persyaratan untuk abu terbang dalam campuran 25% dan 50% fly ash.[2]. Hasil yang diperoleh yaitu angka stabilitas sebanyak 1757kg, VIM 4,80%, *flow* 3,51mm, VMA 16,18%, VFB 70,12%. Seluruh data tersebut mengikuti aturan yang ditetapkan oleh Bina Marga 2018.[3]. Nilai-nilai tersebut menyatakan jika campuran AC-WC yang dibuat dari agregat batu kapur tidak mencapai kriteria Bina Marga sesuai dengan SNI 8139:2015, yang mengatakan jika campuran aspal direndam selama 6 jam, kekuatan sisa tidak akan menurun lebih dari 90%.[4]. Studi tersebut menemukan bahwa campuran aspal porus yang dibuat dengan bahan yang berasal dari Sungai Loning dan memakai bahan yang melekatkan aspal penetrasi 60/70 mempunyai angka stabilitas dan permeabilitas yang cukup tinggi. Namun, campuran tersebut masih dapat digunakan di jalan dengan lalu lintas yang rendah. [5]. Dengan OAC sebanyak 7,50% dan nilai IKS sebesar 96,57%, hasil penelitian ini memenuhi persyaratan standar. [6]. karakteristik material perkerasan jalan berupa batuan Kali Masuppu mengikuti spesifikasi sebagai material pelapis perkerasan jalan.[7]. Nilai Marshall Immersion (SMS) dengan campuran AC-WC yang memanfaatkan batu Sungai Melli memenuhi persyaratan Umum Bina Marga 2018 dengan nilai 97,72% yang lebih besar dari 90%.[8]. Hasil pengujian *Marshall Immersion* AC-WC menunjukkan SMS sebanyak 94,36% [9]. Tidak disarankan untuk menambahkan limbah batu bata merah untuk pencampuran AC-WC yang bisa dipakai hanya sampai batas 1% variasi penambahan. [10] [11]. Dengan ditamhakkannya Styrofoam bekas pada campuran AC-WC berpengaruh besar terhadap nilai parameter marshall.[12]. Ditamhakkannya Styrofoam dicampuran AC-WC membuat rongga jadi lebih kecil. Hal ini menguatkan ikatan antar agregat, membuat campuran lebih kedap air dan tahan terhadap cuaca, lalu lintas, dan beban air. [13]. Meskipun nilai komponen AC WC berbeda, mereka memenuhi standar yang disyaratkan, dengan KAO 6,00% dan standar kepadatan curah 2,269 (gg/cc).[14]. Karena suhu tinggi memungkinkan aspal meleleh dan menutupi agregat serta mengisi ruang dalam campuran, peningkatan suhu pematatan cenderung meningkatkan nilai SMS. Sebaliknya, ketika suhu rendah, aspal akan sulit ditahan karena aspal mulai menggumpal, menyebabkan ikatan antara agregat dan aspal tidak sempurna. [15].

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Pengambilan agregat berasal dari Sungai Budong-budong Kabupaten Mamuju Tengah . Sungai Budong-budong mempunyai panjang sekitar 20,6 km dari hulunya. Sungai Budong-budong Kabupaten Mamuju memiliki sumber daya yang cukup untuk mendukung pembangunan.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Agregat

B. Pembuatan Benda Uji Campuran KAO

Untuk pengujian marshall immersion, sampel yang sudah diuji dengan marshall konvensional lalu dievaluasi untuk penentuan kadar aspal yang optimum. Untuk tujuan ini, dibuat tiga benda uji berdasarkan kadar aspal campuran AC-WC/

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Material

Tabel 1 merupakan hasil pemeriksaan karakteristik agregat dari Sungai budong-budong dan dilengkapi dengan SNI pada masing-masing pengujian.

Tabel 1. Karakteristik Agregat dan *Filler*

No.	Pengujian	Metode	Spesifikasi Umum 2018		Satuan	Hasil Penelitian	Keterangan
			Min	Max			
1.	Kearifan Agregat						
	FraksiA	SNI 2417:2008	-	40	%	18,3	Memenuhi
	FraksiB					20,26	
	FraksiC					26,52	
	FraksiD					31,14	
2.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar						
	Bulk	SNI 1969:2008	2,5	-		2.68	Memenuhi
	SSD					2.71	
	Apparent					2.77	
	Penyerapan					1,11	
	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus						
	Bulk	SNI 1970:2008	2,5	-		2,76	Memenuhi
	SSD					2,79	
	Apparent					2,86	
	Penyerapan					1,32	

	Analisa Saringan AC-WC		-	-			
3.	3 / 4	SNI ASTM C136:2012	100	100	%	100	Memenuhi
	1/2”		90	100		93,47	
	3/8”		77	90		82,35	
	N0.4		53	69		62,32	
	N0.8		33	53		48,77	
	N0.16		21	40		36,46	
	N0.30		14	30		26,51	
	N0.50		9	22		16,99	
	N0.100		6	15		10,36	
	N0.200		4	9		5,53	
	PAN		0	0		0.00	
4.	Uji Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	-	10	%	9,2	Memenuhi
5.	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	SNI 03-4428- 1997	50		%	90,76	Memenuhi
	Kadar Lumpur		-	50		9,24	
6.	Partikel Pipih						
	3/4”					9,73	Memenuhi
	1/2”	-	10	%	9,65		
	3/8”				8,71		
	¼				0,00		
	Partikel Lonjong						
	3/4”				9,27		
	1/2”	-	10	%	9,72		
	3/8”				9,15		
	1/4”				0,00		
7.	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	SNI 2439- 2011	95	-	%	95	
8.	Pemeriksaan Berat Jenis <i>filler</i> semen	SNI ASTM C136:2012	2,5	-	%	2,85	Memenuhi

Agregat dari Sungai Budong-budong tahan terhadap keausan yang disebabkan oleh gesekan antara agregat dengan roda kendaraan. Untuk nilai berat jenis dan penyerapan agregat halus dan juga agregat kasar juga memenuhi spesifikasi. Hasil dari pengujian material lolos saringan 200 diketahui bahwa agregat bersih dari lempung dan lanau. Dan untuk pengujian kadar lumpur, partikel pipih dan lonjong, kelekatan aspal serta berat jenis *filler* semuanya memenuhi spesifikasi.

Tabel 2. Karakteristik Aspal

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi Bina Marga 2018	Satuan	Ket
Penetrasi pada suhu 25°C	SNI 2456-2011	65.2	60-70	0,1mm	Memenuhi
Daktiilitas Pada Suhu 25 °C	SNI 2432-2011	150	≥100	Cm	Memenuhi
Titik Lembek Aspal	SNI 243 4-2011	50.4	≥48	°C	Memenuhi
Titik Nyala(°C)	SNI 2433-2011	280	≥232	°C	Memenuhi
Berat Jenis	SNI 2441-2011	1,017	≥1.0		Memenuhi
Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	0,03	≤0.8	%	Memenuhi
Penetrasi pada suhu 25 °C TFOT	SNI 2456-2011	65	≥54	% semula	Memenuhi

Untuk pemeriksaan penetrasi diperoleh hasil yakni 65,2 mm. untuk daktalitas diperoleh rata-rata 150 cm. untuk titik lembek dan titik nyala juga memenuhi spesifikasi. Pengujian berat jenis diperoleh rata-rata 1,017 gr/cc dan untuk berat yang hilang serta penetrasi *thin film oven test* semuanya memenuhi spesifikasi.

B. Karakteristik Campuran AC-WC

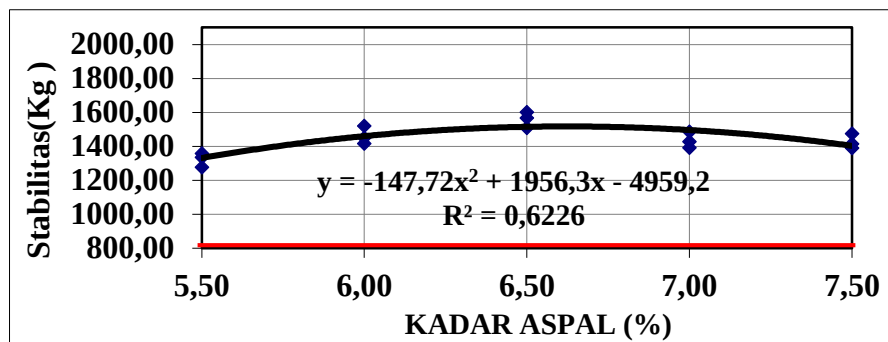
1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan campuran yang dapat memberi penopangan pembebanan lalu lintas yang tidak memberi perubahan bentuk, seperti jalan. Nilai stabilitas ditunjukkan dengan kilogram dengan nilai standar standar 800 kg.

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Pencampuran AC – WC

Kadar Aspal (%)	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50
Stabilitas	1358,33	1451,21	1567,30	1427,99	1414,62
	1277,06	1520,86	1602,13	1486,03	1390,23
	1335,11	1416,38	1509,25	1393,16	1475,60
Rata-Rata	1323,50	1462,81	1559,56	1435,73	1426,82
Ketentuan	Min 800Kg				

Dengan menggunakan kadar aspal 5,50% sampai 7,50% diperoleh angka stabilitas berturut – turut sebesar 1323,50 kg ketika kadar 5,50%, kemudian mengalami peningkatan saat 6,00% sebanyak 1462,81 kg, terus meningkat ketika kadar 6,50% sebanyak 1559,56 kg, kemudian menurun 1435,73 kg saat 7,00% dan turun ke 1426,82 kg ketika kadar 7,50%. Semua nilai stabilitas tersebut memenuhi persyaratan yaitu minimal 800 kg. Menurut persentase stabilitas yang dengan beberapa kadar, dinyatakan jika angka stabilitas paling tinggi didapatkan melalui pencampuran berkadar aspal 6,50% ialah 1559,56 Kg.



Gambar 2. Hubungan Stabilitas dan Kadar Aspal

Pemakaian kadar aspal yang tidak banyak pada pencampuran AC-WC menghasilkan penipisan pada selimut aspal yang berakibat ikatan antar agregat melemah hingga stabilitas menjadi rendah dan begitu pun sebaliknya apabila penggunaan kadar aspal sangat besar maka bisa memberi perubahan terhadap bentuk plastis campuran sehingga menjadi besar.

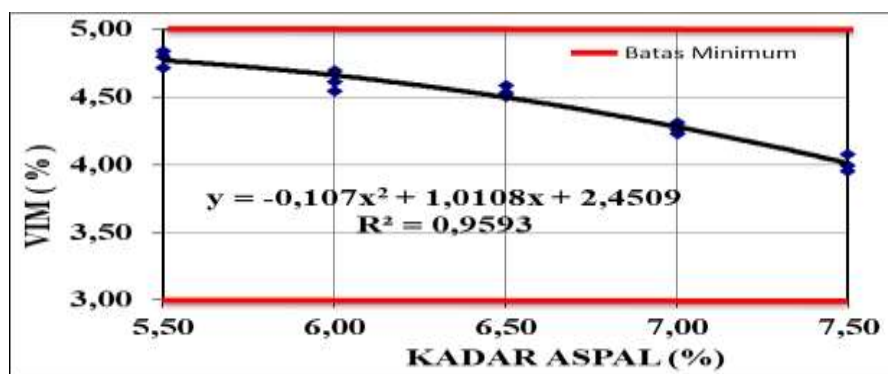
2. VIM

VIM adalah angka maksimal pori yang ada di beton aspal padat ketika campuran sudah menerima pemadatan. Nilai aspal yang tinggi dan kadar aspal menghasilkan banyak rongga selama campuran, sehingga agregat tidak dapat menahan pembebanan terulang. Pemakaian aspal yang banyak juga menyebabkan kurangnya volume rongga pada agregat dan berubahnya bentuk plastis campuran, yang juga memberikan perubahan pada kekuatan dan kinerja campuran.

Tabel 4. Angka VIM Dari Pengujian Karakteristik Pencampuran AC-WC

Kadar Aspal (%)	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50
	4,84	4,61	4,53	4,32	4,00
VIM	4,72	4,70	4,51	4,23	4,08
	4,80	4,55	4,59	4,25	3,95
Rata-Rata	4,79	4,62	4,54	4,27	4,01
Syarat	3 - 5 (%)				

Dengan persentase kadar aspal 5,50% - 7,50% menghasilkan nilai VIM untuk kadar 5,50% sampai 7,50% berturut – turut sebanyak 4,79%, 4,62%, 4,54%, 4,27% dan 4,01%. Seluruh nilai VIM tersebut telah sesuai standar spesifikasi.



Gambar 3. Hubungan VIM dan Kadar Aspal

Karena aspal berperan dalam pengikatan dan pengisian ruang dalam campuran aspal, maka angka VIM mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar aspal, dan sebaliknya.

3. Flow

Tabel 5. Angka *Flow* Dari Pengujian Karakteristik Pencampuran AC-WC

KadarAspal (%)	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50
Flow	3,69	3,49	3,24	3,40	3,90
	3,78	3,43	3,19	3,41	3,87
	3,65	3,39	3,10	3,31	3,82
Rata-Rata	3,71	3,44	3,18	3,37	3,86
Ketentuan	2 - 4 (mm)				

Berdasarkan data perhitungan diperoleh nilai *flow* untuk kadar 5,50% - 7,50% pada AC-WC sebesar 3,71 mm – 3,86 mm. Pada kadar 5,50% sampai 7,50% berturut – turut adalah 3,71 mm jika kadar 5,50% menurun menjadi 3,44mm saat Kadar 6,00%, terus menurun ketika kadar 6,50% sebanyak 3,18 mm, kemudian mengalami peningkatan ketika 7,00% sebanyak 3,37 mm dan meningkat juga pada kadar terakhir sebanyak 3,86 mm. Seluruh hasil uji *flow* pada rentang kadar 5,5% sampai 7,5% sesuai dengan spesifikasi yaitu minimal 2 dan maksimal 4.



Gambar 4. Hubungan *Flow* dan Kadar Aspal

Pemakaian kadar aspal yang semakin besar akan menghasilkan selimut aspal yang menebal sehingga menyebabkan kekuatan pencampuran menjadi kurang namun pada kelelahan akan mengalami peningkatan.

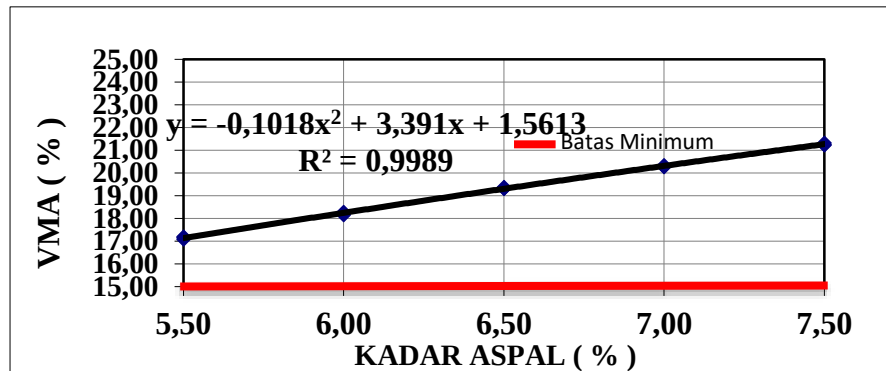
4. VMA

Penggunaan kadar 5,50% - 7,50% dalam pencampuran AC-WC dihasilkan nilai VMA berkisar 17,14% sampai 21,27%. Dari data tersebut mencapai kriteria yang sudah ditentukan yakni minimum 15%. Data Uji VMA rata – rata pada tiap kadar dari 5,50% - 7,50% berturut – turut adalah 17,14%, 18,21%, 19,34%, 20,30% dan 21,27%.

Tabel 6. Angka VMA Dari Karakteristik Pencampuran AC-WC

KadarAspal (%)	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50
VMA	17,19	18,20	19,33	20,34	21,26
	17,08	18,27	19,31	20,27	21,32
	17,15	18,14	19,38	20,28	21,22
Rata-Rata	17,14	18,21	19,34	20,30	21,27
Ketentuan	Min15 (%)				

Jika kadar aspal meningkat, angka VMA meningkat. penyebab hal tersebut oleh suhu pemadatan yang lebih rendah yang diperlukan untuk aspal dalam pengisian rongga-rongga pada agregat partikel, yang menghasilkan selimut aspal yang tebal.



Gambar 5. Hubungan VMA dan Kadar Aspal

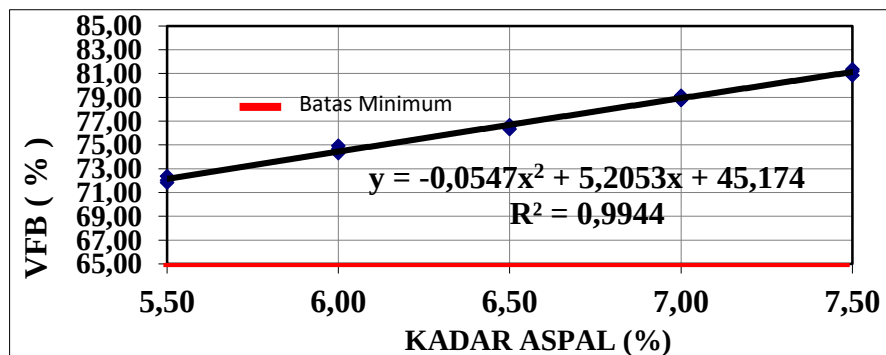
5. VFB

Persentase luas rongga yang timbul pada agregat yang telah diisi aspal efektif disebut sebagai VFB.

Tabel 7. Nilai VFB

KadarAspal (%)	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50
VFB	71,83	74,65	76,57	78,78	81,19
	72,38	74,30	76,65	79,12	80,86
	72,02	74,94	76,31	79,03	81,37
Rata-Rata	72,08	74,63	76,51	78,98	81,14
Persyaratan	Min 65 (%)				

Berdasarkan hasil perhitungan untuk kadar 5,50% - 7,50% pada AC-WC dihasilkan VFB berkisar 72,08% sampai 81,14%. Dari data tersebut memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan yakni minimum 65%. Hasil pengujian VFB rata – rata kadar aspal 5,50% - 7,50% berturut – turut sebesar 72,08%, 74,63%, 76,51%, 78,98% dan 81,14%.

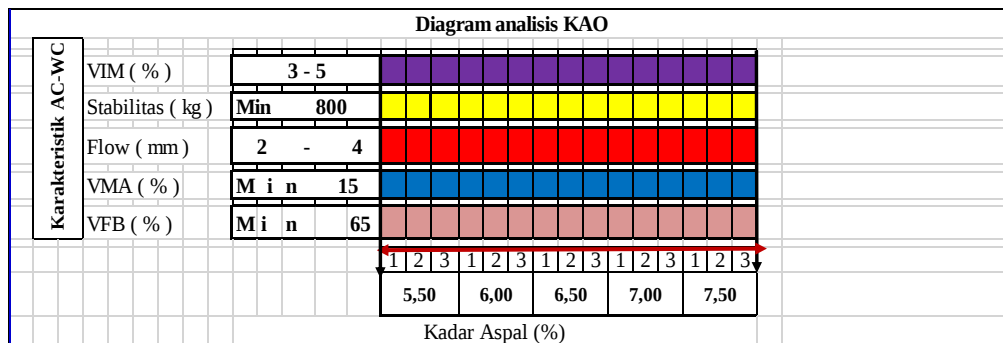


Gambar 6. Hubungan Kadar Aspal dan VFB

Pengurangan kadar aspal pada pencampuran menghasilkan penurunan angka VFB karena mengakibatkan penurunan jumlah rongga yang terisi aspal dalam pencampuran, dan sebaliknya.

6. Penentuan KAO dan Nilai SMS

Kadar aspal optimum pada campuran AC-WC adalah 6,5%. Pemakaian kadar aspal yang berlebih dapat menyebabkan campuran menjadi terlalu plastis dan menurunkan stabilitas atau kekuatannya.



Gambar 7. Diagram KAO Pencampuran AC-WC

Tabel 8. Stabilitas *Marshall* Sisa

Ketentuan	Stabilitas		Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa%
	Konvensional	<i>Immersion</i>	
Kadar Aspal (%)			
6,50	1567,30	1462,33	93,30
6,50	1602,13	1509,66	94,23
6,50	1509,25	1420,35	94,11
Rata-rata	1559,56	1464,11	93,88

Hasil perendaman Marshall menunjukkan stabilitas pada campuran AC-WC sebesar 93,88% dengan kadar aspal 6,50%; Stabilitas Marshall Sisa memenuhi syarat minimal 90%, sehingga dapat digunakan pada campuran AC-WC untuk memberi ketahanan terhadap suhu.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian karakteristik agregat Sungai Budong-budong, Kabupaten Mamuju Tengah, karakteristik aspal dan berat jenis *filler* mencapai kriteria dalam campuran pekerasan jalan berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018. Dari hasil karakteristik campuran beraspal dengan kadar aspal 6,50%. Maka komposisi campuran agregat kasar 35,73%, agregat halus 52,89%, *filler* 4,88% dan aspal 6,50%. Hasil karakteristik campuran AC-WC dari pengujian Marshall Immersion menunjukkan bahwa nilai SMS sebanyak 93,88 mencapai Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 dengan nilai minimum 90%.

REFERENSI

- [1] S. Nento, R. A. Djau, N. Bumulo, and W. Dayanti, "Analisis Karakteristik Marshall Campuran Ac-Wc Menggunakan *filler* Abu Batu Zeolit," *GOJISE*, vol. 4, no. 2, p. 67, Jun. 2022, doi: 10.32662/gojise.v4i2.1584.
- [2] A. Nurdin, E. Erlangga, and M. Nuklirullah, "Analisis Kekuatan AC-WC Bahan Fly Ash Batu Bara sebagai Pengganti Abu Batu dengan Metode Marshall," *komposit*, vol. 7, no. 2, pp. 161–165, Aug. 2023, doi: 10.32832/komposit.v7i2.9190.
- [3] L. R. Radjawane "Durabilitas Campuran AC-WC Menggunakan Batu Gunung Baba Tana Toraja," *Rekayasa Sipil*, vol. 17, no. 1, 2023.
- [4] D. C. Nugraha, "Pengaruh Sekam Padi & Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Filler pada Campuran Laston AC-WC," *J. Talenta Sipil*, vol. 7, no. 1, 2024.
- [5] M. Irfan, F. R. Kusuma, S. Budirahardjo, and I. T. Husodo, "Pemanfaatan Batu Blondos Sungai Loning Desa Mluweh Kec. Ungaran Timur Kab. Semarang Sebagai Substitusi Agregat Pada Campuran Aspal Porous," *jtsgu*, vol. 3, no. 1, pp. 45–56, Aug. 2022, doi: 10.26877/giratory.v3i1.12852.

- [6] G. Gomie, “Pengaruh Jarak Penghampanan Terhadap Perubahan Suhu Campuran AC-WC,” *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*, vol. 1, no. 7, 2024.
- [7] E. Sulandari, “Analisis Pengaruh Sifat Volumetrik pada Campuran AC-WC,” *Crane*, vol. 5, no. 2, 2024.
- [8] I. Ichsan, “Penggunaan Abu Bonggol Jagung Sebagai Pengganti Filler Dalam Komposisi Campuran Aspal AC-WC,” *Innovative Journal of Social Science*, vol. 4, no. 6, 2024.
- [9] K. Agustian, “Durabilitas Campuran AC-WC Dengan Pemanfaatan Abu Cangkang Kemiri Dan Getah Damar Sebagai Material Substitusi,” *Proteksi*, vol. 6, no. 2, 2024.
- [10] M. Misbah, A. Pratiwi Jf, A. Arman, M. Mulyati, and J. Rofifah, “Pengaruh Penambahan Limbah Batu Bata Merah Bukittinggi Sebagai *filler* Pada Campuran Ac-Wc Dengan Pengujian Marshall,” *JTV*, vol. 1, no. 2, pp. 46–52, Jul. 2023, doi: 10.21063/jtv.2023.1.2.46-52.
- [11] E. Rahmawati, “Analisis Pengaruh Penggunaan Semen Portland sebagai Filler pada Campuran AC-WC Terhadap Sifat-Sifat Mekanik dan Durabilitas,” *JILMATEKS*, vol. 7, no. 1, 2025.
- [12] M. R. Yasin, “Karakteristik Marshall dalam Campuran AC-WC denagn Penambahan Bubuk Magnesium Karbonat Sebagai Bahan Pengisi,” *J. Gradasi*, vol. 8, no. 2, 2024.
- [13] Y. Mendrofa, “Studi Kinerja Campuran AC-WC Menggunakan Asbuton LGA Dengan Penambahan Aspal Penetrasi,” *TEKNO*, vol. 22, no. 88, 2024.
- [14] A. Asrullah and S. Syahrudin, “Perbandingan Penggunaan Batu Pecah Daerah Lingut Okut Dan Daerah Gunung Batu Okus Sebagai Material Campuran Aspal Concrete Wearing Course (Ac Wc) Sebagai Perkerasan Jalan,” *tekniksipil*, vol. 10, no. 1, pp. 7–12, Dec. 2021, doi: 10.36546/tekniksipil.v10i1.451.
- [15] R. Rachman, “Variasi Suhu Pematatan Campuran Ac-Wc Menggunakan Batu Sungai Balusu Kabupaten Toraja Utara,” *MATEKSI JTS UNS*, vol. 9, no. 1, p. 23, Mar. 2021, doi: 10.20961/mateksi.v9i1.49248.