

Pemanfaatan Agregat Sungai (Salu Bangkote) Kabupaten Tana Toraja Pada Campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar

Jwiwanto Pagau^{*1a}, Alpius^{*2}, Gebion Lysje Pagoray^{*3}

Submit :
28 Februari 2024

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

Review :
6 Maret 2024

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

Revised :
27 April 2024

^{*2} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia geby_pagoray78@yahoo.co.id

Published:
6 Juni 2024

^aCorresponding Author: jpagau@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan agregat sungai atau salu Bangkote di Kabupaten Tana Toraja untuk campuran Aspal Matriks Batu Kasar dibahas dalam penelitian ini. Kajian sifat mekanik dan fisik campuran aspal dengan bahan utama salu bangkote atau agregat sungai merupakan tujuan dari penelitian ini. Studi laboratorium terhadap campuran agregat dan aspal yang dihasilkan merupakan salah satu pendekatan pengumpulan data. Karakteristik batu sungai (Salu Bangkote) yang digunakan sebagai perkerasan jalan di Kabupaten Tana Toraja memenuhi syarat sebagai material lapisan perkerasan jalan.

Kata kunci : Karakteristik, Komposisi SMA Kasar, Pengujian *Marshal*, Agregat

Abstract

The usage of river aggregate, or salu Bangkote, in Tana Toraja Regency for coarse Stone Matrix Asphalt mixes is covered in this study. Examining the mechanical and physical properties of asphalt mixtures with salu Bangkote, or river aggregate, as the primary ingredient is the goal of this study. Laboratory study of the aggregate and asphalt mixture produced is one approach of gathering data. The characteristics of the river stone (Salu Bangkote) used as road pavement in Tana Toraja Regency

Keywords: *Characteristics, Composition Of Gross High School, Testing Marshall, Aggregate*

PENDAHULUAN

Kabupaten Tana Toraja, yang terletak di Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia, dikenal memiliki sumber daya alam berupa sungai yang mengandung material agregat seperti batu kali atau kerikil. Agregat ini memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam konstruksi jalan, khususnya dalam pembuatan campuran aspal. Dalam membangun infrastruktur jalan, penggunaan campuran aspal yang berkualitas sangat penting untuk memastikan daya tahan dan keamanan jalan. Campuran *Stone Matrix Asphalt* (SMA) Kasar adalah jenis campuran yang dikenal karena kekuatannya yang tinggi terhadap beban lalu lintas dan cuaca ekstrem. Dengan memanfaatkan agregat dari Sungai (Salu Bangkote) dalam campuran SMA Kasar, diharapkan dapat menciptakan aspal yang berkualitas tinggi untuk membangun jalan di Kabupaten Tana Toraja. Hal ini akan membantu meningkatkan kualitas infrastruktur jalan dan meningkatkan kenyamanan

serta keamanan pengguna jalan. Dengan memanfaatkan sumber daya lokal seperti Sungai (Salu Bangkote), dapat mengurangi ketergantungan pada sumber daya dari luar daerah dan mendukung pembangunan berkelanjutan di Kabupaten Tana Toraja. Selain data dan informasi yang telah diperoleh, maka dalam penelitian ini akan diteliti pengujian terhadap agregat sebagai bahan campuran *Stone Matrix Asphalt (SMA)*. Hasil pengujian Marshall tradisional menunjukkan bahwa nilai VIM, stabilitas, VMA, dan *flow* memenuhi standar yang tercantum dalam spesifikasi umum Bina Marga tahun 2018. Variasi kadar aspal adalah 7,00%, 6,75%, 6,50%, 6,25%, serta 6,00%. Selain itu, nilai stabilitas sisa Marshall sebesar 98,54%, Hal ini memenuhi standar minimal yang telah ditetapkan yaitu lebih dari 90%. [1]. Meskipun nilai VIM dan VMA meningkat, stabilitas dan *flow* menurun seiring dengan meningkatnya kandungan material tambahan. [2]. Campuran aspal matriks batu kasar dengan konsentrasi aspal 6,00% menggunakan variasi jumlah tumbukan, menghasilkan proporsi sifat pencampuran yang baik, seperti stabilitas, *flow*, VIM, dan VMA. 50, 60, dan 70x2. Semuanya telah memenuhi standar umum yang dijabarkan dalam kriteria Bina Marga tahun 2018. [3]. Semakin bertambahnya lama perendaman maka nilai ketahanan relatifnya semakin menurun. [4]. Stabilitas sisa Marshall sebesar 95,45% dengan persentase limbah serat tebu ideal sebesar 4,00%. Hasil ini, yang lebih besar dari 90%, memenuhi Spesifikasi Umum standar minimal Bina Marga tahun 2018. [5]. Kebutuhan material yang digunakan pada lapisan perkerasan jalan dipenuhi oleh batu sungai yang berasal dari Sungai Karawa di Kabupaten Pinrang. Berdasarkan hasil penelitian uji perendaman Marshall untuk campuran aspal dengan kadar aspal optimal sebesar 6,0%, Bina Marga menetapkan stabilitas Marshall minimal 90%, yang dipenuhi oleh stabilitas Marshall sisa sebesar 97,47%. [6]. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa nilai karakteristik pada umur 28 hari dan hasil uji kuat tekan memenuhi dan melampaui mutu yang diharapkan. Hasilnya, agregat dapat digunakan untuk membuat beton. [7]. Berdasarkan pengujian, uji kuat tekan menghasilkan nilai 14,434 MPa untuk beton berongga yang dibuat dengan agregat kasar di Kabupaten Morowali dari Sungai Dampala. Pada nilai ini, kuat tekan yang diantisipasi sebesar 20 MPa tidak tercapai. [8]. Dengan bertambahnya lama perendaman, nilai ketahanannya menurun satu sama lain. [9]. Mengenai penggunaan alat Marshall untuk pengujian pencampuran aspal, SNI 06-2489-1991 menyatakan: persentase karakteristik pencampuran seperti *flow*, stabilitas, VMA, dan VIM semuanya memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam spesifikasi Bina Marga Umum 2018. [10].

METODOLOGI

A. Lokasi Pengambilan Agregat

Bahan yang digunakan adalah batu sungai dari Sungai Salu Bangkote Kabupaten Tana Toraja.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Agregat



Gambar 2. Agregat

B. Komposisi Campuran SMA Kasar

Tabel 1. Komposisi Gradasi Agregat untuk Campuran SMA Kasar

Ukuran Saringan		Lolos Saringan	
Inchi	Mm	Spesifikasi (%)	Gradasi Campuran (%)
1½"	37.500		
1"	25.000	100	100
¾"	19.000	90-100	95
½"	12.500	50-88	69
3/8"	9.500	25-60	42,5
No.4	4.750	20-28	24
No.8	2.360	16-24	20
No.16	1.180		
No.30	0.600		
No.50	0.300		
No.100	0.150		
No.200	0.075	8-11	9,5

Tabel 2. Komposisi Aspal dalam Campuran SMA Kasar

Kadar aspal rancangan (%)	6,00	6,25	6,5	6,75	7,00
Berat Aspal (gr)	72	75	78	81	84

Tabel 3. Jumlah Benda Uji Untuk SMA Kasar

<i>Stone Matrix Asphalt (SMA)</i>			
No	Kadar Aspal (%)	Pengujian Marshall Konvensional	Pengujian-Marshall-Immersion
1	6,00	3	
2	6,25	3	3
3	6,50	3	
4	6,75	3	
5	7,00	3	
Total		15	3

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Material

1. Analisis Karakteristik Agregat

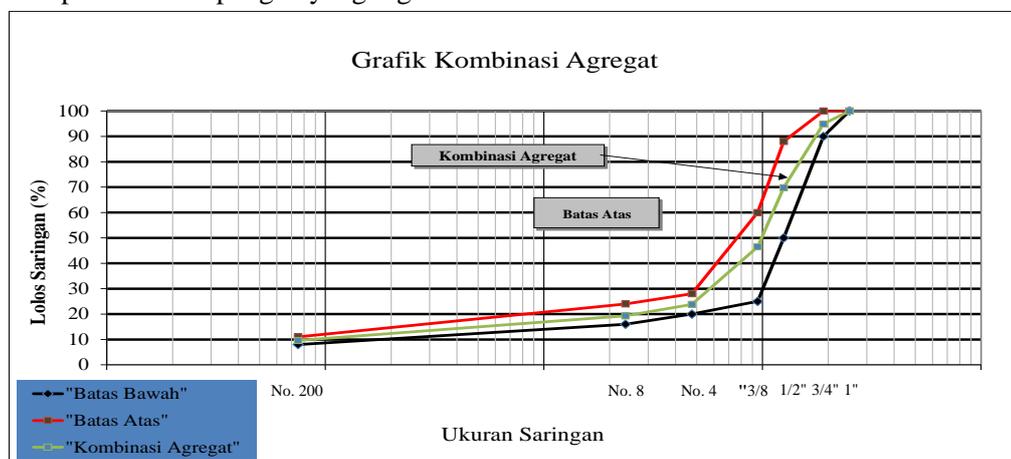
Berdasarkan pengujian keausan dengan metode Los Angeles, ketahanan aus agregat Fraksi A sebesar 3,2%, Fraksi B sebesar 4,52%, Fraksi C sebesar 4,22%, dan Fraksi D sebesar 4,72%. Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2 Tahun 2018 untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan memenuhi seluruh hasil pengujian yang mensyaratkan nilai keausan maksimal sebesar 30%. Oleh karena itu, agregat Sungai (Salu Bangkote) Kabupaten Tana Toraja yang dimanfaatkan untuk melapisi permukaan jalan dapat dikatakan mempunyai ketahanan aus yang cukup untuk menahan gesekan roda mobil yang bergerak atau agregat ke agregat. Nilai berat jenis curah sebesar 2,686, nilai berat jenis SSD sebesar 2,697, nilai berat jenis semu sebesar 2,715, dan persentase penyerapan air sebesar 0,807%, ditentukan melalui penilaian berat jenis dan penyerapan agregat kasar. Penyerapan Air 0,807%, Berat Jenis SSD 2,553, Berat Jenis Curah 2,532, dan Berat Jenis Semu 2,586 merupakan nilai yang diperoleh dari uji Berat Jenis Agregat Halus dan Penyerapan. Artinya, berat jenis curah dan SSD semuanya harus minimal 2,5, meskipun batas penyerapan air tidak boleh melebihi 3%. Material tersebut memenuhi standar tertinggi 1% Spesifikasi Bina Marga Revisi 2 Tahun 2018 untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan, berdasarkan hasil pengujian lolos filter No 200 dengan rendemen sebesar 0,60%. Ternyata agregat yang berasal dari Sungai (Salu Bangkote) tidak mengandung tanah liat atau lumpur. Hasil uji menunjukkan bahwa dari dua sampel yang diuji, rerata nilai *Sand Equivalent* 99,84%, sementara kandungan lumpurnya adalah 0,16%. Kedua nilai tersebut memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum BinaMarga, dimana kadar lumpur maksimum 5% dan kriteria minimum 50% untuk Setara Pasir terpenuhi. Dari hasil pengujian kelonjongan agregat kasar dan partikel kepipihan, didapatkan persentase partikel pipih berturut-turut sebesar 3,70%, 3,80%, dan 3,30%, serta persentase partikel lonjong berturut-turut sebesar 3,80%, 3,70%, dan 3,20%. Masing-masing telah memenuhi Spesifikasi Umum dengan maksimum 5% Direktorat Jenderal Bina Marga (2018).

2. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Berdasarkan hasil pengujian kelekatan agregat terhadap aspal, penilaian dilakukan secara visual tanpa proses perhitungan. Tingkat cakupan aspal pada permukaan sampel digunakan untuk menentukan kelekatan; kurang dari 95% atau lebih dari 98% permukaan sampel harus memenuhi kriteria ini. Pengamatan ini menunjukkan adanya daya rekat yang baik antara aspal dengan agregat.

3. Pengujian Berat Jenis *Filler* (Semen)

Tidak ada batasan berat jenis bahan pengisi pada Revisi 2 sesuai persyaratan Bina Marga. *Semen Portland* merupakan bahan pengisi yang digunakan.



Gambar 3. Grafik Analisa Saringan *Stone Matrix Asphalt* Kasar

4. Komposisi Campuran *Stone Matrix Asphalt*

- a. Kadar aspal
 Berdasarkan perhitungan, terdapat 7,00%, 6,75%, 6,50%, 6,25%, dan 6,00% aspal pada SMA Kasar.
- b. Komposisi campuran (*Mix Design*)
 Berdasarkan hasil perhitungan komposisi agregat pada campuran dan grafik kombinasi agregat campuran *Stone Matrix Asphalt Kasar*.

Tabel 4. Komposisi Total Campuran

KadarAspal (%)	Komposisi Campuran <i>Stone Matrix Asphalt</i>				
	6,00%	6,25%	6,50%	6,75%	7,00%
Berat Campuran (gram)	1200	1200	1200	1200	1200
Berat Aspal(gram)	72	75	78	81	84
Berat Agregat(gram)	1128	1125	1122	1119	1116

A. Karakteristik Campuran SMA Berdasarkan Pengujian *Marshall Konvensional*

1. Analisis Terhadap Stabilitas

Tabel 5. Nilai Stabilitas dari Pengujian Karakteristik *Marshall SMA Kasar*

KadarAspal (%)	6,00%	6,25%	6,50%	6,75%	7,00%
Stabilitas	807,79	943,89	1006,97	951,64	774,59
	786,76	918,44	1035,74	978,20	804,47
	763,52	962,70	1051,23	995,90	818,85
Rata-rata	786,02	941,68	1031,31	975,25	799,30
Persyaratan	Min 600 (kg)				

Lapisan aspal tipis akan terbentuk pada permukaan agregat ketika sejumlah kecil aspal ditambahkan ke dalam campuran aspal matriks batu kasar. Akibatnya stabilitas campuran menurun akibat melemahnya ikatan antar agregat. Sebaliknya, ketika jumlah aspal dalam campuran meningkat, Ketika lapisan aspal menebal, ikatan agregat diperkuat dan stabilitas campuran meningkat. Namun, jika kadar aspal terlalu tinggi, selimut aspal akan menjadi terlalu tebal, yang akhirnya mengakibatkan penurunan stabilitas campuran karena ikatan antar agregat kembali menurun.

Tabel 6. Nilai VIM dari Pengujian Karakteristik *Marshall Stone Matrix Asphalt Kasar*

Kadar Aspal(%)	7,00%	6,75%	6,50%	6,25%	6,00%
VIM	4,28	4,36	4,55	4,73	4,82
	4,20	4,41	4,57	4,72	4,86
	4,14	4,30	4,47	4,64	4,80
Rerata	4,21	4,36	4,53	4,69	4,83
Persyaratan	4-5 (%)				

Variasi VIM sebesar 4,83% hingga 4,21% dicapai dengan menambahkan kadar aspal sebesar 6,00% - 7,00% pada campuran aspal matriks batu kasar. Hasil tersebut telah sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2 Tahun 2018 untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan. Ada hubungan terbalik antara jumlah aspal yang ditambahkan dan nilai VIM. Artinya, ketika jumlah aspal dalam campuran meningkat, nilai VIM menurun. Sebaliknya, dengan penurunan jumlah aspal, nilai VIM meningkat. Hal ini terjadi karena aspal bertindak sebagai pengikat dan mengisi rongga dalam campuran aspal.

Tabel 7. Nilai *Flow* dari Pengujian Karakteristik *Marshall Stone Matrix Asphalt* Kasar

KadarAspal	7,00	6,75	6,50	6,25	6,00
<i>Flow</i>	3,30	2,70	2,35	2,95	3,55
	3,24	2,83	2,46	2,88	3,47
	3,10	2,90	2,55	2,75	3,35
Rerata	3,21	2,81	2,45	2,86	3,46
Persyaratan	2-4,5(mm)				

Semakin sedikit aspal yang digunakan dalam campuran aspal, maka ikatan antar agregat akan melemah dan lelehnya akan meningkat. Namun, jumlah aspal yang lebih banyak akan memperkuat ikatan antar agregat dan mengurangi titik leleh campuran. Di sisi lain, jumlah aspal yang berlebihan dapat mengakibatkan lapisan aspal yang tebal, sehingga melemahkan campuran namun meningkatkan pencairan. Jadi, ketika menentukan komposisi aspal, terdapat hubungan terbalik antara kekuatan campuran dan hasil campuran.

Tabel 8. Nilai VMA dari Pengujian Karakteristik *Marshall Stone Matrix Asphalt* Kasar

KadarAspal(%)	7,00%	6,75%	6,50%	6,25%	6,00%
VMA	20,77	20,26	19,83	19,41	18,90
	20,70	20,30	19,86	19,40	18,94
	20,65	20,21	19,77	19,33	18,89
Rerata	20,17	20,25	19,82	19,38	18,91
Persyaratan	Min17 (%)				

Peningkatan nilai VMA secara konsisten ketika kadar aspal berada dalam kisaran 6,00% hingga 7,00%. Penggunaan lebih banyak aspal, yang berfungsi sebagai penutup dan pengisi ruang antar partikel agregat serta untuk tujuan pelapisan, dapat digunakan untuk menjelaskan peningkatan ini. Hal ini menunjukkan bahwa ketika ruang antar agregat terisi, aspal mulai mengisi ruang pada batuan.

Selanjutnya, benda uji dimasukkan kedalam air selama sekitar 24 jam di 60°C suhu sekitar guna mendapatkan nilai Stabilitas Marshall.

Tabel 9. Indeks Perendaman pada *SMA* Kasar

PERSYARATAN KadarAspal (%)	Stabilitas		Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%)
	<i>Konvensional</i>	<i>Immersion</i>	
7,00	774,59	719,26	92,86
7,00	804,47	752,46	93,54
7,00	818,85	737,70	90,02
Rata-rata	799,30	736,48	92,14

Berdasarkan hasil pengujian Marshall Immersion, nilai indeks perendaman adalah 92,14% dengan kadar aspal sebesar 7,00%. Nilai ini telah memenuhi standar yang diatur dalam Spesifikasi Umum Bina Marga dalam konstruksi jembatan dan jalan tahun 2018 Revisi 2. Lapisan perkerasan jalan yang menggunakan agregat dari Sungai Salu Bangkote untuk campuran SMA memiliki ketahanan yang baik terhadap perubahan suhu dan durasi perendaman dalam air.

KESIMPULAN

1. Komposisi *Stone Matrix Asphalt* (SMA) menggunakan kualitas agregat yang berasal dari Sungai Salu Bangkote di Kabupaten Tana Toraja. Sedangkan kualitas bahan pengisi dan aspal sama-sama memenuhi persyaratan spesifikasi yang diperlukan (Ditjen Bina Marga, 2018).

2. Komposisi campuran aspal matriks batu kasar (SMA): agregat halus 12,20%, agregat kasar 72,20%, bahan pengisi 8,60%, dan komposisi aspal optimal 7,00%.
3. Nilai stabilitas mengalami peningkatan pada pengujian Marshall Konvensional hingga kadar aspal mencapai 6,50%, setelah itu mulai mengalami penurunan. Dengan meningkatnya kadar aspal, nilai *flow*nya akan naik setelah dikurangi hingga mencapai 6,50%. Sedangkan jika jumlah aspal bertambah maka nilai VIM (*Voids in Mineral Aggregate*) akan berkurang dan nilai VMA (*Voids in Mineral Aggregate*) akan meningkat.
4. SMS sebesar 92,14% pada hasil pengujian Marshall *Immersion* memenuhi persyaratan umum minimal yang telah ditetapkan 90% (Ditjen Bina Marga, 2018).

REFERENSI

- [1] Manggasa. G, Alpinus, dan Elizabeth, " Pemanfaatan Batu Sungai Laeya Kabupaten Konawe Selatan sebagai Campuran Stone Matrix Asphalt Halus," *PJEC*, vol. 4, no. 4, hlm. 571-579, Des. 2022
- [2] G. L. . Pagoray, Alpius, dan Christianto. Y.N, "Pemanfaatan Serat Mendong Sebagai Bahan Aditif Pada Campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) Kasar", *PCEJ*, vol. 6, no. 1, hlm. 155–165, Mar. 2024.
- [4] D. S. . Batara Musu', R. Mangontan, dan Alpius, "Durabilitas Campuran Stone Matrix Asphalt Kasar Menggunakan Limbah Gypsum Sebagai Substitusi Filler", *PCEJ*, vol. 4, no. 2, hlm. 208–215, Jan. 2024.
- [5] A. T. . Sombo, Alpius, dan S. Bestari, "Pemanfaatan Limbah Serat Tebu Pada Campuran Stone Matrix Asphalt Yang Menggunakan Batu Sungai", *PCEJ*, vol. 4, no. 2, hlm. 305–313, Jan. 2024.
- [6] E. Buli, A. Buli, dan L. E. Radjawane, "Pemanfaatan Batu Sungai Karawa Kabupaten Pinrang Sebagai Agregat Campuran Laston Lapis Antara", *PCEJ*, vol. 4, no. 2, hlm. 346–358, Jan. 2024.
- [7] F. I. Alnadi, H. Parung, dan B. Kusuma, "Pemanfaatan Agregat Sungai Aralle Kecamatan Buntu Malangka sebagai Bahan Campuran Beton", *PCEJ*, vol. 4, no. 1, pp. 97–109, Jan. 2024.
- [8] P. Immanuel, B. Kusuma, dan L. Buarlele, "Penggunaan Agregat Kasar Sungai Dampala Kabupaten Morowali Sebagai Bahan Campuran Beton Berongga", *PCEJ*, vol. 5, no. 2, hlm. 370–377, Jan. 2024.
- [9] D. S. . Batara Musu', R. Mangontan, dan Alpius, "Durabilitas Campuran Stone Matrix Asphalt Kasar Menggunakan Limbah Gypsum Sebagai Substitusi Filler", *PCEJ*, vol. 4, no. 2, hlm. 208–215, Jan. 2024.
- [10] H. W. Tanje, Alpius, dan Niel Adiyanto, "Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan Terhadap Karakteristik Campuran SMA Menggunakan Agregat Sungai Jeneberang Bili-Bili", *PCEJ*, vol. 6, no. 1, hlm. 177–187, Mar. 2024.
- [11] R. Rachman, "Inovasi Teknologi Bahan Konstruksi," dalam *Teknologi Bangunan dan Material*, Makassar: Tohar Media, 2021, hlm. 11–21.
- [12] R. Rachman, "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, 2020.
- [13] A. R. Seppo, R. Rachman, dan N. Ali, "Variasi Suhu Pematatan Campuran AC-WC Menggunakan Batu Sungai Balusu Kabupaten Toraja Utara," *J. Matriks Tek. Sipil*, vol. 9, no. 1, hlm. 23–31, 2021, doi: <https://doi.org/10.20961/mateksi.v9i1.49248>.