

# Penggunaan Batu Sungai Kula Kabupaten Luwu Utara Pada Campuran *HRS-BASE*

Valensia Rerungan <sup>\*1a</sup>, Erni Rante Bungin <sup>\*2</sup>, Monalisa Bumbungan <sup>\*3</sup>

Submit:  
10 Februari

Review:  
20 Maret 2024

Revised:  
10 September  
2024

Published :  
10 November  
2024

<sup>\*1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, [rerunganvalensia@gmail.com](mailto:rerunganvalensia@gmail.com)

<sup>\*2</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, [erni\\_bungin@yahoo.co.id](mailto:erni_bungin@yahoo.co.id)

<sup>\*3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, [monalisabumbungan@gmail.com](mailto:monalisabumbungan@gmail.com)

<sup>a</sup>Corresponding Author: [rerunganvalensia@gmail.com](mailto:rerunganvalensia@gmail.com)

## Abstrak

Lataston lapis pondasi (*HRS-Base*) memiliki proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada lataston lapis permukaan (*HRS-Wearing course*). Penelitian ini bertujuan agar bisa mengetahui karakteristik agregat, aspal dan *filler* yang digunakan dalam campuran beraspal, nilai karakteristik *HRS-Base* dalam pengujian *Marshall* Konvensional, serta mengetahui persentase stabilitas *Marshall* sisa dari uji *Marshall* immersion dengan menggunakan agregat dari Sungai Kula' berdasarkan pengujian Laboratorium. Metode yang dipakai pada studi ini ialah metode *Marshall* Konvensional agar didapatkan karakteristik campuran, menciptakan angka Stabilitas *Marshall* Sisa (SMS). Dari hasil pengujian yang dilaksanakan di laboratorium menunjukkan bila semua parameter karakteristik pencampuran seperti stabilitas, *Marshall Quotient*, VFB, VIM, VMA, dan flow pada kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, dan 7,5% telah memenuhi. Dimana didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu kadar aspal 6,5%, dan spesifikasi nilai Stabilitas *Marshall* Sisa (SMS) yaitu 94,58%.

**Kata kunci :** Karakteristik, Agregat, *HRS-BASE*, *Marshall*.

## Abstract

Foundation layer Lataston (*HRS-Base*) has a larger proportion of coarse aggregate fraction than surface layer Lataston (*HRS-Wearing course*). This research aims to determine the characteristics of the aggregate, asphalt and filler used in asphalt mixtures, the *HRS-Base* characteristic values in the Conventional *Marshall* test, as well as knowing the residual *Marshall* stability percentage from the *Marshall* immersion test using aggregate from the Kula' River based on laboratory testing. The method used in this study is the Conventional *Marshall* method in order to obtain the characteristics of the mixture, creating a Residual *Marshall* Stability (SMS) number. From the results of tests carried out in the laboratory it shows that all mixing characteristic parameters such as stability, *Marshall Quotient*, VFB, VIM, VMA, and flow at asphalt content of 5.5%, 6%, 6.5%, 7%, and 7.5% is satisfactory. Where the Optimum Asphalt Content (KAO) is obtained, namely 6.5% asphalt content, and the residual *Marshall* Stability (SMS) value specification is 94.58%

**.Keywords :** Characteristics, Aggregate, *HRS-BASE*, *Marshall*.

## PENDAHULUAN

Untuk konstruksi perkerasan jalan raya, batu sungai merupakan pasokan material lokal yang umum. Agregat batu sungai yang baik mempunyai ciri-ciri sebagai berikut: kuat, tebal, keras, dan tidak mengandung bahan berpori. Kabupaten Luwu Utara ialah satu daerah di Indonesia yang mempunyai material batu sungai. Agregat

yang tersedia di Luwu bisa mengisi material yang dibutuhkan untuk proyek perkerasan jalan yang terletak di sungai Kula. Sungai Masamba ini merupakan salah satu sungai yang cukup besar, dan jalan menuju ke sana mudah dilalui oleh mobil roda dua atau empat. Untuk memanfaatkan material yang ada di Sungai Kula, penelitian awal akan meliputi pengujian karakteristik agregat, karakteristik campuran HRS-Base pada uji Marshall konvensional, dan nilai stabilitas sisa Marshall dari uji Marshall *Immersion*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah agregat dari Sungai Kula memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga untuk digunakan dalam campuran HRS-Base.

Beberapa penelitian sebelumnya mengenai HRS-Base, yaitu KAO sebanyak 6,05%; untuk persentase sifat Marshall lainnya termasuk stabilitas sebanyak 862,5 kilogram, VMA sebanyak 17,65%, rongga pencampuran sebanyak 3,8%, rongga diisi aspal sebanyak 78%, dan hasil Marshall sebanyak 295, 5%. [1]. KAO yang diperoleh adalah 6,2%, dilakukan uji variasi pada suhu 110°C, 120°C, 130°C, 140°C, dan 150°C. Suhu yang mencapai ketentuan menurut data uji serta analitis Marshall dalam pencampuran HRS-Base adalah 120°C, 130°C, dan 140°C. [2]. KAO sebanyak 7,3%. Ketika menguji stabilitas angka yang dihasilkan yaitu 925,00 kg, saat menguji *flow* angkanya sebanyak 3,25 mm, rongga antar agregat sebanyak 23,48%, rongga udara pada pencampuran sebanyak 4,60%, rongga diisi aspal sebanyak 77,95%, dan pada saat menguji Marshall angka yang diciptakan sebanyak 300,00 kg/mm. [3]. Pelaksanaan uji *Marshall Immersion* pada pencampuran Lataston HRS-Base adanya gradasi senjang dan semi senjang dengan memanfaatkan kadar *filler* optimal. Perolehan terhadap angka Perendaman (IP)/Indeks Kekuatan Sisa (IKS)/Durabilitas campuran masing-masing mencapai 90,86% dan 91,49%, yang menggambarkan jika pencampuran melewati batas syarat, yaitu  $\geq 90\%$ , yang dinyatakan jika pencampuran memiliki ketahanan terhadap rendaman. [4]. Kadar aspal yang paling baik untuk dipakai yaitu pada variasi 10% dengan persentase stabilitas 3083,60 kg. [5]. Hasil uji *Marshall Immersion* pencampuran HRS-WC menunjukkan durabilitas pencampuran sebanyak 94,41% pada kadar aspal 6,4%. [6]. Persentase terhadap IP dan IKS sebanyak 97,03% serta 98,00% yang menyatakan jika campuran yang diuji memiliki gradasi senjang dan semi. [7]. Nilai Marshall memenuhi spesifikasi berdasarkan hasil pengujian dengan kadar aspal antara 6,2% dan 7,4%, dengan rata-rata 6,8% sebagai kadar aspal terbaik. [8]. Kandungan *filler* abu batu mengalami peningkatan pada pencampuran HRS-Base, ketika kandungan *filler* abu batu meningkat, angka rongga pencampuran dan rongga agregat (VMA) mengalami penurunan. [9]. Sebagai hasil dari analisis variasi suhu pemadatan pada 90°C, 100°C, 110°C, 120°C, dan 130°C, didapatkan stabilitas 2315,7 kg, *flow* 4,20 mm, VIM 3,14%, VMA 13,95%, dan VFB 75,57%. [10]. Penambahan plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebesar 6,60% dari berat aspal, dapat mempengaruhi parameter karakteristik Marshall nilai stabilitas naik 4,691% [11]. Material yang terdapat pada limbah serbuk kulit kerang hijau memiliki kandungan kalsium oksida cukup tinggi, yaitu 97,90%, sehingga terdapatnya dengan kandungan kalsium oksida dalam kulit kerang hijau menjadikan material ini dapat digunakan sebagai bahan pengganti *filler* dalam campuran aspal beton [12]. Pengendalian mutu adalah merupakan salah satu faktor kunci keberhasilan hasil pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan raya, dengan pengendalian mutu yang baik akan diperoleh hasil pekerjaan yang memberikan kinerja yang baik dan dapat memberikan pelayanan sesuai umur rencana [13]. Kadar aspal awal rencana 6,0% dengan nilai VIM sebesar 9,364%, VMA sebesar 20,04%, VFA sebesar 53,28%, *Flow* sebesar 4,7 mm [14], Pyrite memiliki nilai keausan sebesar 39,8%. Syarat minimal batuan untuk agregat kasar memiliki keausan minimal  $< 40\%$  [15].

## METODOLOGI

### A. Lokasi Pengambilan Agregat

Sungai Kula merupakan sungai yang berada di kecamatan Masamba, Kabupaten Luwu Utara.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Batu Gunung

### B. Komposisi Pencampuran HRS-BASE

Bahan dan material yang dipergunakan pada pencampuran aspal yaitu:

1. Agregat yang dipakai dihasilkan dari Sungai Kula
2. Aspal penetrasi 60/70 dipakai sebagai pengikat.
3. *Filler* yaitu dari semen

Tabel 1. Komposisi Campuran HRS-Base

Kadar aspal (%)	HRS-Base				
	5,50%	6,00%	6,50%	7,00%	7,50%
Berat agregat (gr)	1079,96	1084,96	1069,96	1064,96	1110,00
Berat <i>filler</i> (gr)	54,04	55,04	52,04	51,04	50,04
Berat aspal (gr)	66,00	60,00	78,00	84,00	90,00
Berat campuran (gr)	1200	1200	1200	1200	1250

### C. Benda Uji

Dalam membuat bahan uji pencampuran HRS-Base, agregat kasar dan agregat halus, *filler*, dan bahan pengikat aspal digabungkan ketika kondisi panas.

Tabel 2. Jumlah Benda Uji

KadarAspal (%)	HRS-Base	
	Total Bahan Uji (buah)	
	Pengujian <i>Marshall</i> <i>Konvensional</i>	Pengujian <i>Marshall</i> <i>Immersion</i>
5,5	3	
6	3	
6,5	3	3
7	3	
7,5	3	
Total	18	



Gambar 2. Benda Uji

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Karakteristik Material

Tabel 3. Karakteristik Agregat dan *Filler*

No.	Pengujian	Metode	Spesifikasi Umum 2018		Satuan	Hasil Penelitian	Keterangan				
			Min	Maks							
<b>Keausan Agregat</b>											
1.	Fraksi A Fraksi B Fraksi C Fraksi D	<i>SNI</i> <i>2417:2008</i>	-	40	%	8.6 17.96 29.58 22.76	Memenuhi				
<b>Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar</b>											
2.	<i>Bulk</i> SSD <i>Apparent</i> Penyerapan	<i>SNI</i> <i>1969:2016</i>	2,5 2,5 2,5 -	- - - 3	%	2,69 2,72 2,77 1,41	Memenuhi				
	<b>Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus</b>										
		<i>Bulk</i> SSD <i>Apparent</i> Penyerapan	<i>SNI</i> <i>1970:2016</i>	2,5 2,5 2,5 -		- - - 3		%	2,67 2,73 2,86 2,56	Memenuhi	
		<b>Analisa Saringan HRS-BASE</b>									
3.		3/4" 1/2" 3/8" No.8 No.30 No.200 PAN	<i>SNI ASTM</i> <i>C136:2012</i>	-	-	%	100 94.21 74,63 40,10 16,11 5,42 0		Memenuhi		
		<b>Uji Agregat Lolos Ayakan No.200</b>									
	4.	<i>SNI ASTM</i> <i>C117:2012</i>		-	10		%	6,4		Memenuhi	
	<b>Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus</b>										
	5.	<i>SNI 03-4428-1997</i>					%			Memenuhi	
		<b>Kadar Lumpur</b>			590			96,17			
	<b>Sand Equivalent</b>			50	3,82						
<b>Partikel Pipih</b>											
6.	3/4" 1/2"		-	10	%	9,77 8,95	Memenuhi				

	3/8"					8,91	
	1/4						
	<b>Partikel Lonjong</b>						
	3/4"					9,83	
	1/2"		-	10	%	9,09	
	3/8"					9,32	
	1/4"						
7.	<b>Kelekatan Agregat Terhadap Aspal</b>	SNI 2439-2011	95	-	%	95	Memenuhi
8.	<b>Pemeriksaan Berat Jenis Filler</b>	SNI ASTM C136:2012	2.5	-	%	2,54	Memenuhi

Tabel 4. Karakteristik Aspal

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi Bina Marga 2018		Satuan	Ket
Penetrasi pada suhu 25 °c	SNI 2456-2011	67,5	60-70		0,1mm	Memenuhi
Daktalitas Pada Suhu 25 °c	SNI 2432-2011	145	≥100		Cm	Memenuhi
Titik Lembek Aspal	SNI 243 4-2011	50	≥48		°C	Memenuhi
Titik Nyala (°c)	SNI 2433-2011	270	≥232		°C	Memenuhi
Berat Jenis	SNI 2441-2011	1,051	≥1.0			Memenuhi
Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	0,6	≤0.8		%	Memenuhi
Penetrasi pada suhu 25 °c TFOT	SNI 2456-2011	63	≥54		% semula	Memenuhi

## B. Karakteristik Campuran

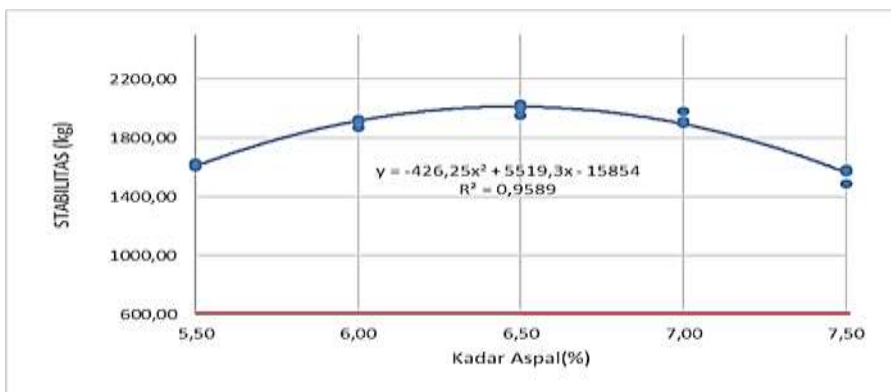
### 1. Analisa Terhadap Stabilitas

Stabilitas merupakan kekuatan campuran dalam menopang beban lalu lintas dengan tidak mengubah bentuknya, misalnya jalan, dan dinyatakan dalam satuan berat, atau kilogram.

Tabel 5. Nilai Stabilitas

KadarAspal (%)	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50
Stabilitas	1628,59	1874,17	1951,73	1982,04	1571,96
	1622,13	1912,95	2003,43	1900,02	1489,95
	1602,74	1925,87	2029,28	1913,69	1585,63
Rata-Rata	1617,82	1904,33	1994,81	1931,92	1549,18
Persyaratan	Min 600 kg				

Pemakaian kadar aspal 5,50%-7,50% diketahui angka stabilitas 5,50% sebanyak 1617,82 kg, ketika kadar aspal 6,00% naik ke 1904,33 kg, pada saat kadar aspal 6,50% meningkat ke 1994,81 kg, ketika kadar aspal 7,00% menurun ke 1931,92 kg serta kadar aspal 7,50% juga menurun ke 1549,18 kg. Total persentase stabilitas untuk kadar aspal 5,5% sampai dengan 7,5% mencapai syarat yang telah ditetapkan. Untuk persentase stabilitas yang berbeda-beda, disimpulkan bahwa angka stabilitas maksimum didapatkan pada kadar 6,5% sebanyak 1994,81 kg.



Gambar 3. Hubungan Kadar Aspal Terhadap Stabilitas

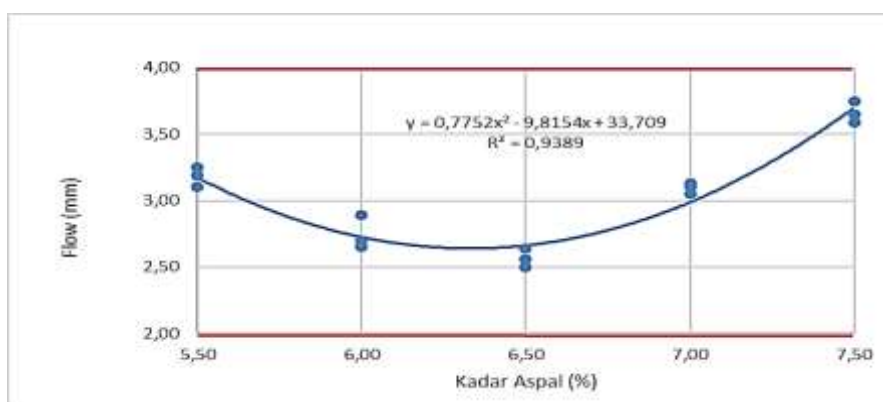
## 2. Analisis Terhadap Flow

Flow merupakan kemampuan beton aspal dalam menerima beban yang diberikan tanpa mengalami leleh seperti alur dan retakan. Nilai leleh menyatakan berbagai bentuk akibat beban yang bekerja sampai batas keruntuhan.

Tabel 6. Persentase Flow

Kadar Aspal (%)	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50
Flow	3,10 3,25 3,19	2,70 2,89 2,65	2,50 2,56 2,64	3,10 3,05 3,13	3,59 3,65 3,75
Rata-Rata	3,18	2,75	2,57	3,09	3,66
Persyaratan	Min 2-4 mm				

Pemakaian kadar aspal dari 5,50% hingga 7,50% menghasilkan persentase flow ketika kadar aspal 5,50% sebanyak 3,18 mm, saat kadar 6,00% dihasilkan 2,75 mm, saat 6,50% menurun ke 2,57 mm, tetapi 7,00% meningkat ke 3,09 mm serta kadar aspal 7,50% naik ke 3,66 mm. Total persentase flow untuk kadar aspal mulai dari 5,50% hingga 7,50%.



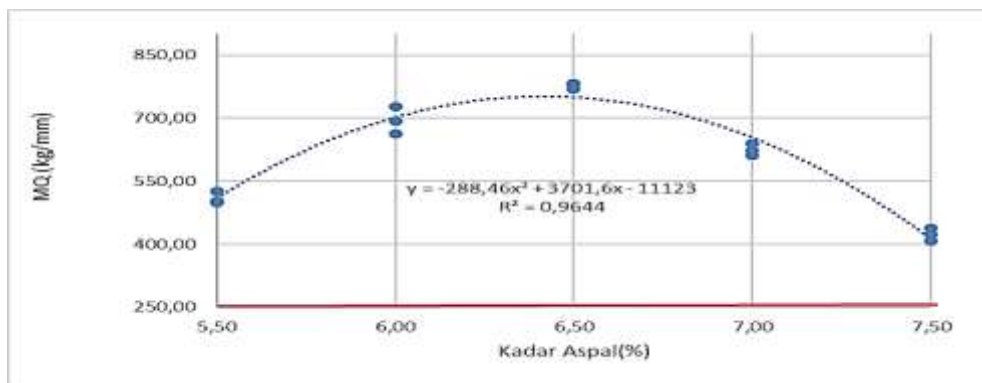
Gambar 4. Hubungan Kadar Aspal dan Flow

## 3. Analisis Terhadap MQ

Tabel 7. Nilai Marshall *Quotient*

Kadar Aspal (%)	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50
MQ (kg/mm)	525,35	694,14	780,69	639,37	437,87
	499,12	661,92	782,59	622,96	408,20
	502,43	726,75	768,67	611,40	422,84
Rata-Rata	508,97	694,27	777,31	624,58	422,97
Persyaratan	Min 250 kg/mm				

Pemakaian kadar aspal dari 5,50% hingga 7,50% menghasilkan nilai MQ ketika kadar aspal 5,50% sebanyak 508,97 kg/mm, saat kadar 6,00% dihasilkan 694,27 kg/mm, saat 6,50% meningkat ke 777,31 kg/mm, tetapi 7,00% menurun ke 624,58 kg/mm serta kadar aspal 7,50% turun ke 422,97 kg/mm. Total nilai MQ untuk kadar aspal mulai dari 5,50% hingga 7,50%.



Gambar 5. Grafik Hubungan Marshall Quotient (MQ) dan Kadar Aspal

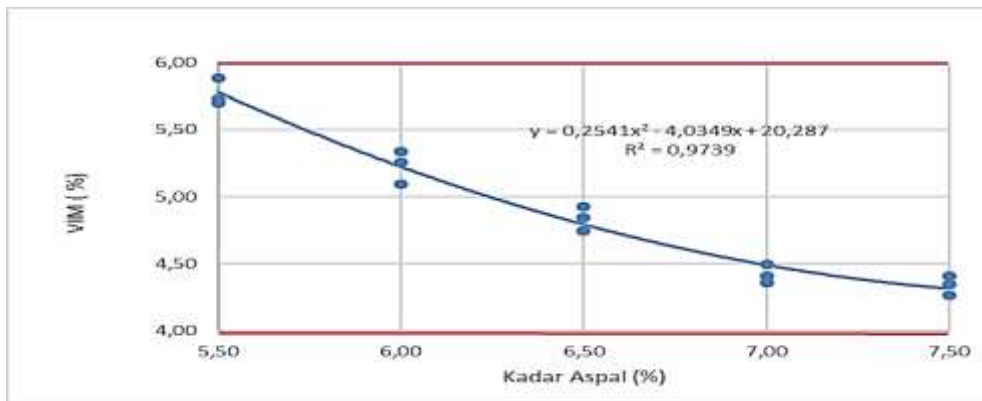
#### 4. Analisis Terhadap VIM

VIM ialah nilai tertinggi pori yang ada pada beton aspal padat setelah campuran dipadatkan. Persentase VIM yang besar dan kadar aspal sedikit menyebabkan banyaknya rongga yang timbul pada pencampuran sehingga tidak mampu menerima beban berulang. Penggunaan aspal dalam jumlah besar tidak hanya mengurangi volume rongga dalam agregat, tetapi juga mengubah bentuk plastis campuran, sehingga dapat mengubah kekuatan/kinerja campuran.

Tabel 8. Persentase VIM

Kadar Aspal (%)	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50
	5,70	5,56	5,07	4,95	4,27
VIM	5,89	5,48	5,19	4,87	4,41
	5,73	5,32	5,15	4,70	4,35
Rata-Rata	5,77	5,45	5,14	4,84	4,34
Persyaratan	Min 4 % dan Maks 6 %				

Pemakaian kadar aspal 5,50% sampai dengan 7,50% menghasilkan persentase VIM pada kadar aspal 5,50% sebanyak 5,77%, ketika kadar aspal 6,00% menurun jadi 5,45%, saat 6,50% juga menurun ke 5,14%, ketika 7,00% turun ke 4,84% serta kadar 7,50% pun menurun hingga 4,34 %.



Gambar 6. Hubungan kadar aspal terhadap VIM

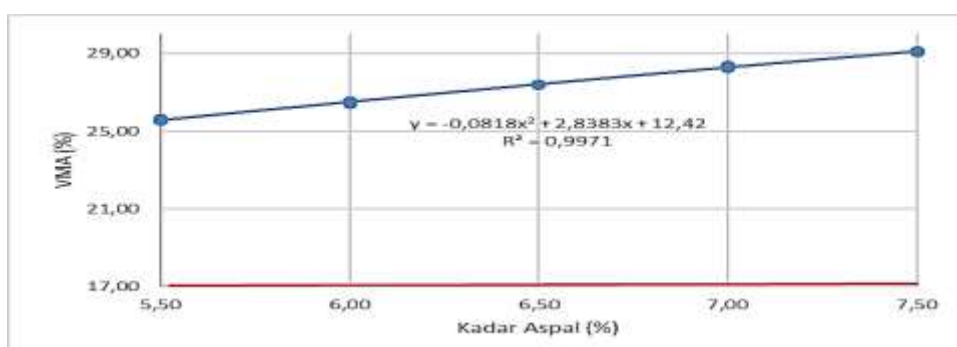
### 5. VMA

VMA merupakan volume pada pori beton aspal yang dipadatkan ketika se semua lapisan penutup yang dipadatkan, dinyatakan dalam %.

Tabel 9. Persentase VMA

Kadar Aspal (%)	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50
VMA	25,51	26,57	27,35	28,41	29,03
	25,66	26,51	27,44	28,34	29,14
	25,54	26,38	27,41	28,22	29,10
Rata-Rata	25,57	26,49	27,40	28,32	29,09
Persyaratan	Min 17 %				

Pemakaian kadar aspal mulai 5,50% sampai pada 7,50% menghasilkan persentase VMA untuk kadar aspal 5,50% sebanyak 25,57%, ketika 6,00% menaik ke 26,49%, saat 6,50% meningkat menjadi 27,40% , saat 7,00% meningkat sebanyak 28,32% serta kadar aspal 7,50% juga naik hingga 29,0%.



Gambar 7. Hubungan Antara Kadar Aspal Terhadap VMA

### 6. VFB

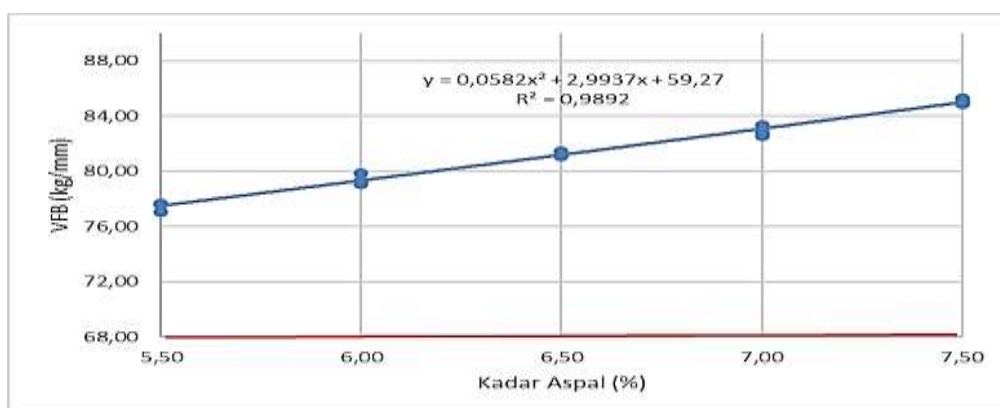
Volume rongga yang muncul dalam agregat yang berisi aspal efektif disebut VFB. Ini ditunjukkan dalam persen.



Tabel 10. Persentase VFB

Kadar Aspal (%)	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50
VFB	77,68	79,07	81,46	82,56	85,31
	77,07	79,33	81,09	82,82	84,86
	77,58	79,84	81,21	83,33	85,05
Rata-Rata	77,44	79,41	81,25	82,90	85,07
Persyaratan	Min 68 %				

Pemakaian kadar aspal 5,50 % hingga 7,50% menghasilkan persentase VFB untuk kadar 5,50% sebanyak 77,44%, ketika kadar 6,00% naik ke 79,41%, ketika berada di 6,5% juga meningkat hingga 81,25%.



Gambar 8. Hubungan Antara Kadar Aspal dan VFB

### C. Menentukan Kadar Aspal Optimum

Stabilitas yang sangat baik atau besar dapat dicapai bila terdapat jumlah kandungan aspal yang memadai, karena aspal mengisi rongga dan bertindak sebagai bahan pengikat yang sangat baik, sehingga menurunkan jumlah udara dalam campuran agregat. Oleh karena itu, kadar aspal yang berlebihan atau berlebihan juga akan mengubah stabilitas atau kekuatan campuran plastis serta bentuknya. Untuk memenuhi persyaratan tersebut, HRS-Base memiliki kadar aspal sebesar 6,5%.

DIAGRAM ANALISIS KADAR ASPAL OPTIMUM (KAO)								
Karakteristik Marshall	Stabilitas ( kg )	Min 6 0 0					Ket. Tidak Berwarna = Tidak Memenuhi Spesifikasi Berwarna = Memenuhi Spesifikasi	
	MQ ( kg/mm )	M i n 2 5 0						
	VFB ( % )	M i n 68						
	VIM ( % )	4,0 - 6,0						
	VMA ( % )	M i n 17						
	Flow (mm)	2,0 - 4,0						
			5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	
			Kadar Aspal (%)					

Gambar 9. Diagram Analisa KAO Campuran HRS-BASE

### D. Stabilitas Marshall Sisa

Sesudah menentukan KAO, tahapan berikutnya adalah membuat sampel menurut KAO yaitu 6,50% dalam pencampuran HRS-BASE, pada suhu  $\pm 60^\circ\text{C}$  dan rendam  $\pm 24$  jam selama satu jam. Untuk menjaga stabilitas sisa Marshall campuran.

Tabel 11. Stabilitas Marshall Sisa Campuran HRS-Base Kadar Aspal 6,5%

Persyaratan Kadar Aspal (%)	Stabilitas		Stabilitas Marshall Sisa (%)
	Konvensional	Immersion	
6,5	1951,73	1841,86	94,37
6,5	2003,43	1889,68	94,32
6,5	2029,28	1928,46	95,03
Rata-rata	1994,81	1886,67	94,58

Dari hasil uji perendaman Marshall menghasilkan nilai stabilitas Marshall campuran HRS-BASE dengan kadar aspal 6,5% diperoleh sebesar 94,58%. Stabilitas Marshall Sisa ini memenuhi kriteria yang telah ditetapkan minimal 90%.

### KESIMPULAN

Dari hasil uji karakteristik agregat Sungai Kula, sifat aspal dan berat jenis *filler* untuk pencampuran HRS-Base, dinyatakan sudah mencapai persyaratan yang ditetapkan Bina Marga Tahun 2018. Berdasarkan perolehan data dari uji *Marshall Konvensional* campuran HRS-Base dengan memakai agregat Sungai Kula diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu 6,50% dengan karakteristik campuran pada kadar optimum diperoleh nilai VIM yaitu 4,64%, VMA yaitu 18,95%, VFB yaitu 75,85%, stabilitas yaitu 1255,53%, *flow* 3,04% dan MQ yaitu 411,97 kg/mm. Dari data yang didapatkan maka angka VIM, VMA, VFB, stabilitas, *flow* dan MQ pada pengujian *Marshall Konvensional* campuran HRS-Base dinyatakan telah memenuhi spesifikasi dan juga hasil pengujian *Marshall Immersion* diperoleh nilai stabilitas marshall sisa sebesar 94,58%.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Sujatmiko, R. Robby, and I. Elvina, "Analisis Penggunaan Limbah Gypsum Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Perkerasan Hot Rolled Sheet Base (HRS-BASE): Analysis of the use of Gypsum Waste as A Fine Aggregate in Hot Rolled Sheet Base (HRS-Base) Pavement Mix," *SS*, vol. 9, no. 1, pp. 67–78, Sep. 2022, doi: 10.29303/spektrum.v9i1.238.
- [2] G. F. Berutu, J. K. Nasjono, and J. H. Frans, "Pengaruh Variasi Suhu pada Campuran HRS-Base Menggunakan Filler Tanah Putih Terhadap Pengujian Marshall.," *J-ForTekS*, vol. 3, no. 1, pp. 49–55, May 2023, doi: 10.35508/forteks.v3i1.9781.
- [3] R. Robby, S. Supiyan, and S. Salonten, "Penggunaan Pasir Yang Mengandung Zirkon Dan Batu Limbah Tambang Emas Dari Desa Hanua Sebagai Agregat Pada Campuran Hot Rolled Sheet Base (Hrs-Base).," *JSE*, vol. 8, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.32672/jse.v8i1.5022.
- [4] Morai, S, Alpius, and C. Kamba, "Pengujian Batu Apung Sebagai Filler Pada Campuran Hrs-Base.," *pcej*, vol. 1, no. 1, pp. 41–53, Jan. 2020, doi: 10.52722/pcej.v1i1.55.
- [5] D. P. Randelabi, R. Rachman, and Alpius, "Pengujian Karakteristik Campuran HRS-Base Menggunakan LGA Sebagai Pengganti Aspal Minyak.," *pcej*, vol. 2, no. 1, pp. 16–22, Aug. 2020, doi: 10.52722/pcej.v2i1.116.
- [6] K. Marianto, Alpius, and C. Kamba, "Pengujian Karakteristik Campuran HRS-WC menggunakan batu sungai Makawa Kecamatan Walenrang Utara.," *pcej*, vol. 2, no. 2, pp. 128–137, Aug. 2020, doi: 10.52722/pcej.v2i2.127.
- [7] U. Demmalino, C. Lambe, R. Rahman, and Alpius, "Pengujian Slag Nikel Sebagai Pengganti Agregat Pada Campuran HRS-Base.," *pcej*, vol. 1, no. 2, pp. 44–49, Jan. 2020, doi: 10.52722/pcej.v1i2.61.
- [8] Mabui, Marsudi, and Sitorus, "Uji Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Hrs-Wc Dengan Menggunakan Filler Batu Karang.," *KoNTekS*, vol. 1, no. 6, Feb. 2024, doi: 10.62603/konteks.v1i6.125.

- [9] M. Salim and Gunawan, “Variasi Persentase Abu Batu Terhadap Karakteristik Marshall Dalam Campuran Hrs Base,” *gradasi*, vol. 5, no. 2, pp. 96–102, Dec. 2021, doi: 10.31961/gradasi.v5i2.1146.
- [10] S. Y. Panggara, Alpius, and L. E. Radjawane, “Variasi Suhu Pematatan Campuran AC-Base Menggunakan Batu Sungai Seriti, Kabupaten Luwu,” *pcej*, vol. 4, no. 4, pp. 649–657, Dec. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i4.550.
- [11] A. Putra and T. Mulyono, “Kajian Parameter Marshall dengan Menggunakan Limbah Serbuk Kerang Hijau Sebagai Filler Campuran Lapis Aspal Beton ,” *Menara*, vol. 15, no. 1, pp. 1-8, 2020.
- [12] T. Widiatika, Desriantomy, and M. Amin, “Analisis Karakteristik Marshall Campura HRS-WC Menggunakan Bahan Tambah Plastik Bekas Jenis Low Density Polyethylene ,” *Teknika*, vol. 5, no. 2, pp. 172-180, 2021.
- [13] Suwaji and Yanuar, “Pengendalian Mutu Campuran Aspal Panas Hot Rolled Sheet Base (Hrs-Base) Pada Proyek Rekonstruksi Jalan Paket 1 Kota Banjarmasin ,” *SYNTAX Literate*, vol. 7, no. 1, 2022.
- [14] Hawinuti and Isanto, “Pemanfaatan Limbah Abu Batu Bara Sebagai Pengganti Pasir pada Campuran Beraspal HRS-Base ,” *GRADASI*, vol. 8, no. 1, 2024..
- [15] E. Ruhaidani, D. Hardiani, and E. Anggraini, “Karakteristik Marshall Pada Campuran HRS-WC Menggunakan Pyrite Limbah PLTU Asam-Asam Kabupaten Tanah Laut Sebagai Pengganti Agregat Kasar ,” *Konstruksia*, vol. 15, no. 1, 2023..