



Analisis Kinerja Batu Bulat Quarry Takari Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Beton (HRS-WC Dan AC-WC) Ditinjau Dari Karakteristik Marshall

Krisantos Ria Bela^{*1}, Paulus Sianto¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandira Kupang, Jl. San Juan No.1, Penfui, Kec. Kupang Tengah, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur.

*Email korespondensi: krisantosbela@unwira.ac.id

Diterima Mei 2024.; Disetujui Juli 2024; Dipublikasi Juli 2024

Abstract: Road pavement is a crucial component of transportation infrastructure, impacting efficiency, safety, and maintenance costs. This study focuses on the performance analysis of Rounded Stone Quarry Takari as a substitute for coarse aggregate in HRS-WC and AC-WC asphalt concrete mixes using Marshall characteristics as the main parameter. Material samples were collected from Quarry Takari and tested at the Public Works and Housing Laboratory, East Nusa Tenggara Province. Test results indicate that both HRS-WC and AC-WC mixes do not meet the 2018 Revised 2 Bina Marga Specification standards for several Marshall parameters such as VMA, VFA, stability, and flow. Consequently, the optimum asphalt content (KAO) could not be determined for either mix. This research suggests that the use of rounded stone as a substitute for coarse aggregate needs further evaluation to identify alternatives that meet the required specifications for improving the quality and performance of asphalt concrete mixes.

Keywords: Rounded Stone Quarry Takari, HRS-WC, AC-WC, Marshall characteristics, optimum asphalt content.

Abstrak: Perkerasan jalan adalah bagian krusial dari infrastruktur transportasi, mempengaruhi efisiensi, keamanan, dan biaya pemeliharaan jalan. Penelitian ini memfokuskan pada analisis kinerja Batu Bulat Quarry Takari sebagai pengganti agregat kasar pada campuran aspal beton HRS-WC dan AC-WC dengan menggunakan karakteristik Marshall sebagai parameter utama. Sampel material diambil dari Quarry Takari dan diuji di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran HRS-WC dan AC-WC tidak memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 untuk beberapa parameter Marshall seperti VMA, VFA, stabilitas, dan flow. Dengan demikian, kadar aspal optimum (KAO) tidak dapat ditentukan untuk kedua campuran. Penelitian ini mengindikasikan bahwa penggunaan batu bulat sebagai pengganti agregat kasar perlu dievaluasi lebih lanjut untuk menemukan alternatif yang memenuhi spesifikasi yang diperlukan untuk meningkatkan kualitas dan kinerja campuran aspal beton.

Kata kunci : Batu Bulat Quarry Takari, HRS-WC, AC-WC, karakteristik Marshall, kadar aspal optimum.

Perkerasan jalan merupakan komponen penting dalam infrastruktur transportasi darat yang mendukung mobilitas masyarakat dan pengangkutan barang. Kualitas perkerasan jalan tidak hanya mempengaruhi efisiensi dan keamanan transportasi, tetapi juga berdampak langsung pada biaya pemeliharaan jalan (Siahay et al., 2023). Di Indonesia, khususnya di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), kondisi iklim tropis menjadi faktor penting dalam pemilihan material perkerasan yang tepat guna memastikan kehandalan dan ketahanan jaringan jalan yang optimal.

Dua jenis perkerasan yang umum digunakan adalah *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). HRS-WC dikenal karena kemampuannya menahan beban berat dan cuaca ekstrem dengan tingkat ketahanan aus yang tinggi. Di sisi lain, AC-WC menawarkan permukaan yang halus dan tahan lama, sering digunakan untuk jalan dengan kebutuhan estetika visual tinggi dan ketahanan baik terhadap cuaca (Bela, 2024). Kedua jenis perkerasan ini memerlukan komposisi material yang tepat, termasuk agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal campuran panas sebagai bahan pengikat.

Agregat, sebagai komponen utama dalam campuran aspal beton, memegang peran krusial dalam menentukan kekuatan struktural, ketahanan aus, dan sifat mekanik perkerasan jalan. Di Indonesia, agregat buatan seperti batu pecah umumnya lebih disukai karena memiliki permukaan kasar dan daya lekat yang baik terhadap aspal, yang krusial untuk meningkatkan kualitas campuran aspal beton (Apriawan, 2010). Namun,

agregat batu bulat juga sering digunakan meskipun memiliki karakteristik yang berbeda (Siregar, 2016).

Batu bulat, seperti yang berasal dari *Quarry* Takari, memiliki kelebihan dan kelemahan tersendiri. Kelebihannya termasuk ketersediaan yang melimpah dan biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan batu pecah buatan. Selain itu, proses pengolahannya lebih sederhana karena tidak memerlukan pemecahan lebih lanjut. Batu bulat dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar berupa batu pecah $3/4$ inch dan $1/2$ inch dalam campuran aspal beton. Hal ini memberikan opsi yang lebih ekonomis dan memanfaatkan sumber daya lokal yang tersedia. Namun, kelemahan utama batu bulat adalah permukaan yang halus dan bulat, yang mengurangi daya lekat terhadap aspal. Hal ini dapat mempengaruhi *interlocking* antar partikel dalam campuran aspal, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi stabilitas dan kekuatan struktural perkerasan jalan (Bulgis & Alkam, 2017).

Pemilihan dan pengolahan agregat yang tepat sangat menentukan dalam mencapai kualitas optimal campuran HRS-WC dan AC-WC. Kualitas agregat dipengaruhi oleh proses pemecahan batu, gradasi yang tepat, dan ukuran partikel yang seragam untuk memastikan *interlocking* yang kuat dalam campuran aspal. Selain itu, karakteristik Marshall dari campuran juga menjadi parameter utama dalam mengevaluasi kinerja perkerasan jalan.

Karakteristik Marshall yang akan diuji meliputi kelelahan (*flow*), stabilitas, kepadatan (*density*), rongga udara dalam campuran (*Voids in Mix* atau VIM), rongga udara dalam agregat (*Voids*

in *Mineral Aggregate* atau VMA), rongga yang terisi aspal (*Voids Filled with Asphalt* atau VFA), dan *Marshall Quotient* (Makin et al., 2023).

Oleh karena itu, pemahaman terhadap karakteristik Batu Bulat *Quarry* Takari sebagai agregat kasar dalam konteks penggunaan HRS-WC dan AC-WC sangat penting. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis terhadap kinerja Batu Bulat *Quarry* Takari dalam campuran HRS-WC dan AC-WC, dengan fokus pada karakteristik Marshall.

KAJIAN PUSTAKA

Rancangan proporsi agregat gabungan merupakan langkah penting dalam pembuatan campuran beraspal yang berkualitas. Gradasi agregat gabungan, yang dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas yang ditetapkan dalam **Tabel 1**. Untuk mendapatkan gradasi HRS-WC atau HRS-Base yang optimal, minimal 80% agregat yang lolos ayakan No. 8 (2.360 mm) juga harus lolos ayakan No. 30 (0.600 mm). Jika gradasi yang diperoleh tidak sesuai dengan persyaratan kesenjangan dalam **Tabel 2**, pengawas pekerjaan masih dapat menyetujui gradasi tersebut, asalkan sifat campurannya memenuhi ketentuan yang tercantum dalam **Tabel 3**. Perencanaan dan perbandingan campuran harus memastikan gradasi tetap dalam batas-batas yang ditentukan untuk mencapai kinerja yang diinginkan (Marga, 2020).

Tabel 1 . Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat	
ASTM	(mm)	Lataston (HRS-WC)	Laston (AC-WC)
1½"	37.50		
1"	25.00		
¾"	19.00	100	100
½"	12.50	90 - 100	90 - 100
3/8"	9.50	75 - 85	77 - 90
No. 4	4.750		53 - 69
No. 8	2.360	50 - 72	33 - 53
No. 16	1.180		21 - 40
No. 30	0.600	35 - 60	14 - 30
No. 50	0.300		9 - 22
No. 100	0.150		6 - 15
No. 200	0.075	6 - 10	4 - 9

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 (2020)

Tabel 2 . Contoh Batas-Batas "Bahan Bergradasi Senjang"

Ukuran Ayakan	% lolos No.8	% lolos No.30	% kesenjangan
Alternatif 1	40	paling sedikit 32	8 atau kurang
Alternatif 2	50	paling sedikit 40	10 atau kurang
Alternatif 3	60	paling sedikit 48	12 atau kurang
Alternatif 4	70	paling sedikit 56	14 atau kurang

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 (2020)

Tabel 3 . Ketentuan Sifat-sifat Campuran Lataston

Sifat-sifat Campuran	Lataston		
		Lapis Aus	Lapis Fondasi
Kadar aspal efektif (%)	Min	5.90	5.50
Jumlah tumbukan per bidang		50	
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3.00	
	Maks.	5.00	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	17	17
Rongga terisi aspal (%)	Min.	68	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	600	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min.	90	

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 (2020)

Tabel 4 . Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston

Sifat-sifat Campuran	Laston			
		Lapis Aus	Lapis Antara	Lapis Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75	112	
Rasio partikel lolos ayakan 0.075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0.60		
	Maks.	1.60		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3.00		
	Maks.	5.00		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65		
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800	1800	
Pelelehan (mm)	Min.	2	3	
	Maks.	4	6	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman	Min.	90		

Sifat-sifat Campuran	Laston		
	Lapis Aus	Lapis Antara	Lapis Fondasi
selama 24 jam, 60°C			
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.	2	

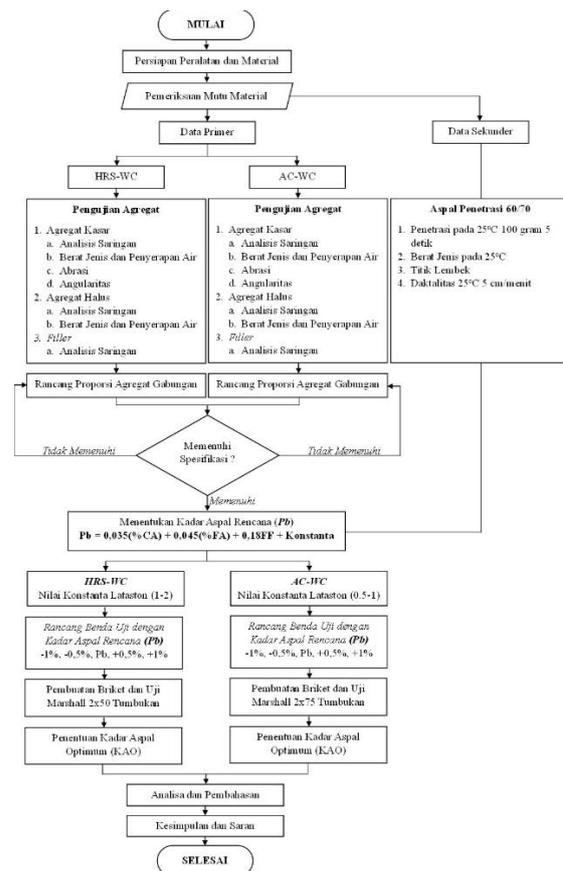
Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 (2020)

Dalam proses pembuatan komposisi agregat gabungan untuk campuran beraspal, data hasil gradasi dari berbagai fraksi agregat sangat penting. Fraksi kasar (*Coarse Aggregate/CA*) adalah agregat yang tertahan pada saringan No. 8 (2.360 mm), fraksi halus (*Fine Aggregate/FA*) adalah agregat yang lolos saringan No. 8 tetapi tertahan pada saringan No. 200 (0.075 mm), dan bahan pengisi (*Fine Filler/FF*) adalah agregat yang lolos saringan No. 200. Komposisi agregat gabungan ini dibuat untuk menentukan persentase masing-masing fraksi yang tepat sehingga dapat diperoleh perkiraan kadar aspal (*Pb*) yang optimal. Menurut spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2, ukuran maksimum agregat kasar untuk AC-WC adalah 19 mm. Perancangan komposisi agregat gabungan dapat dilakukan dengan dua metode utama, yaitu metode grafis dan metode analisis. Metode analisis ini bisa dilakukan melalui pendekatan "*Trial and Error*" atau analisis dengan pertidaksamaan linear, seperti yang direkomendasikan oleh Puslitbang Jalan dan Jembatan pada tahun 2018. Hal ini menunjukkan betapa pentingnya pendekatan yang tepat dalam perancangan agregat untuk memastikan kualitas dan performa campuran beraspal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja batu bulat dari *Quarry* Takari sebagai pengganti agregat kasar berupa batu bulat $3/4$ inch dan $1/2$ inch dalam campuran aspal beton tipe HRS-WC dan AC-WC. Analisis ini dilakukan terhadap karakteristik Marshall sebagai parameter utama. Sampel material diambil dari *Quarry* Takari dengan metode pengambilan *random sampling* sesuai dengan SNI 03-6889-2002, untuk memastikan representasi setiap ukuran butiran dalam sampel yang diambil. Sampel terdiri dari fraksi agregat kasar, sedang, dan halus (Milo et al., 2023; Umum, 2002).

Pengujian dilakukan di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Provinsi Nusa Tenggara Timur, yang dilengkapi dengan peralatan uji yang diperlukan sesuai standar SNI. Untuk memperjelas tahapan penelitian, telah disusun bagan alir yang menggambarkan prosedur penelitian seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Pengujian agregat meliputi berat jenis dan penyerapan air sesuai SNI 1969:2016, keausan agregat atau abrasi berdasarkan SNI 2417:2008, dan analisis gradasi menurut SNI-ASTM C136:2012 (ASTM, 2012; Nasional, 2008, 2016). Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70, berdasarkan data sekunder yang telah tersedia.

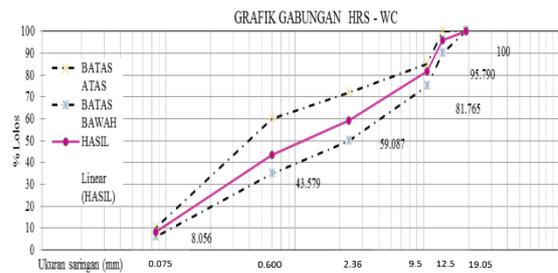
Selanjutnya, pengujian Marshall dilakukan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO). Pengujian ini menggunakan jumlah tumbukan sebanyak 2 x 50 untuk HRS-WC dan 2 x 75 untuk AC-WC. Parameter karakteristik Marshall yang dianalisis meliputi kelelahan (*flow*), stabilitas, kepadatan (*density*), rongga udara dalam campuran (*Voids in Mix* atau VIM), rongga udara dalam

agregat (*Voids in Mineral Aggregate* atau VMA), rongga yang terisi aspal (*Voids Filled with Asphalt* atau VFA), dan *Marshall Quotient*.

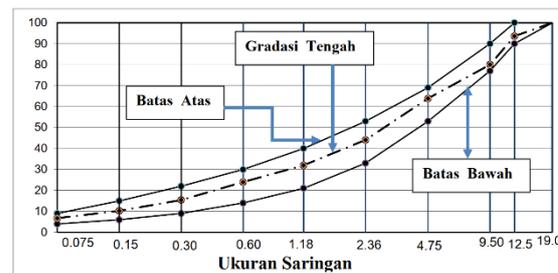
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan berbagai pengujian yang mencakup analisis saringan, berat jenis, penyerapan air, dan abrasi, semua material yang akan digunakan untuk lapisan permukaan, baik jenis *Hot Rolled Sheet - Wearing Course* (HRS-WC) maupun *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC), terbukti memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 untuk campuran beton aspal. Tahap selanjutnya dalam proses ini adalah merancang Proporsi Agregat Gabungan dengan tujuan menetapkan persentase masing-masing fraksi agregat sehingga kadar aspal rencana (P_b), atau kadar aspal tengah, dapat ditentukan.

Dalam perancangan proporsi agregat gabungan, pertama-tama harus diperhitungkan komposisi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*) yang digunakan. Agregat kasar terdiri dari batu bulat ukuran $3/4$ inch dan $1/2$ inch, sedangkan agregat halus terdiri dari abu batu dan pasir. Sebagai bahan pengisi digunakan semen Kupang. Hasil pengujian gradasi agregat gabungan digambarkan dalam bentuk kurva hubungan antara persentase lolos dan ukuran saringan, yang berada di antara batas atas dan batas bawah. Kurva ini ditampilkan pada **Gambar 2** untuk gradasi agregat gabungan laston HRS-WC dan **Gambar 3** untuk gradasi agregat gabungan laston AC-WC.



Gambar 2. Kurva gradasi agregat gabungan laston HRS-WC



Gambar 3. Kurva gradasi agregat gabungan laston AC-WC

Aspal yang digunakan merupakan aspal padat dengan tingkat penetrasi 60/70. Berdasarkan pengujian, diperoleh data yang mencakup beberapa parameter utama seperti penetrasi, berat jenis, daktilitas, dan titik lembek. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penetrasi aspal pada suhu 25°C adalah 66.80, sesuai dengan spesifikasi yang mensyaratkan nilai antara 60 hingga 70. Berat jenis aspal tercatat sebesar 1.030, lebih tinggi dari spesifikasi minimum yang ditetapkan yaitu ≥ 1.0 . Uji daktilitas pada suhu 25°C menunjukkan hasil sebesar 140.00 cm, melebihi spesifikasi minimal ≥ 100 cm. Selain itu, titik lembek aspal tercatat sebesar 58.00°C, yang juga memenuhi spesifikasi dengan nilai minimum sebesar 48°C.

Setelah menetapkan komposisi gradasi agregat gabungan, langkah selanjutnya dalam analisis kinerja batu bulat Quarry Takari sebagai agregat kasar adalah merencanakan kadar aspal

perkiraan (Pb). Untuk campuran aspal beton HRS-WC, hasil analisis menunjukkan bahwa persentase lolos saringan untuk masing-masing gradasi butiran adalah sebagai berikut: agregat kasar (CA) sebesar 24,77%, agregat halus (FA) sebesar 67,16%, dan *filler* (FF) sebesar 8,05%. Dalam perhitungan ini, digunakan konstanta (k) dengan nilai 2,00 yang sesuai untuk laston. Berdasarkan analisis tersebut, kadar aspal rencana (Pb) yang diperoleh adalah sebesar 7,34%, yang kemudian dibulatkan menjadi 7,00%.

Untuk campuran aspal beton AC-WC, persentase lolos saringan untuk masing-masing gradasi butiran adalah: agregat kasar (CA) sebesar 36,10%, agregat halus (FA) sebesar 57,20%, dan *filler* (FF) sebesar 6,73%. Dalam perhitungan ini, digunakan konstanta (k) dengan nilai 1,00 yang sesuai untuk laston. Berdasarkan analisis tersebut, kadar aspal rencana (Pb) yang diperoleh adalah sebesar 6,00%.

Dalam memastikan kinerja terbaik dari campuran ini, variasi kadar aspal yang akan diuji pada campuran aspal beton HRS-WC adalah 6.0%, 6.5%, 7.0%, 7.5%, dan 8.0%. Sedangkan untuk campuran aspal beton AC-WC, variasi kadar aspal yang akan diuji adalah 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5%, dan 7.0%. Setiap variasi kadar aspal akan diuji dengan dua sampel menggunakan pengujian Marshall. Hasil rata-rata pengujian Marshall untuk parameter HRS-WC dan AC-WC ditunjukkan pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

Tabel 5 . Hasil Pengujian Marshall Lastaston HRS-WC

Parameter Marshall	Kadar Aspal				
	6.0%	6.5%	7.0%	7.5%	8.0%
Stabilitas	610.61	656.47	630.40	544.69	600.20
Flow	5.50	5.95	6.90	6.60	6.40
Kepadatan	2.18	2.30	2.27	2.21	2.30
VMA	9.15	4.73	6.65	9.49	6.55
VIM	9.36	3.76	4.53	6.28	2.03
VFA	17.85	20.78	33.10	33.88	69.56
MQ	111.37	113.88	91.50	82.83	93.78

Sumber: Analisa data (2024)

Tabel 6 . Hasil Pengujian Marshall Laston AC-WC

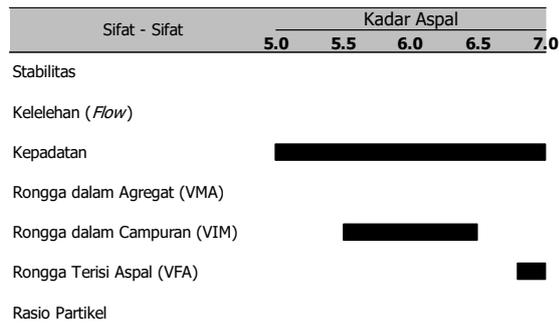
Parameter Marshall	Kadar Aspal				
	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
Stabilitas	665.01	621.77	656.47	604.89	611.46
Flow	5.70	6.10	5.50	6.00	7.50
Kepadatan	2.25	2.28	2.29	2.29	2.29
VMA	7.00	6.38	6.33	6.81	7.50
VIM	6.58	4.79	3.56	2.87	2.40
VFA	6.52	25.10	44.67	57.90	68.40
Rasio Partikel	34.80	9.36	5.41	3.80	2.93

Sumber: Analisa data (2024)

Penentuan kadar aspal optimum (KAO) dilakukan dengan membuat diagram batang berdasarkan hasil pengujian parameter Marshall. Diagram ini menampilkan nilai-nilai yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Melalui diagram batang tersebut, kadar aspal optimum dapat diidentifikasi dengan melihat nilai parameter Marshall yang paling sesuai dengan standar yang ditetapkan. Berikut ini adalah diagram batang yang digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum Lastaston HRS-WC dan Laston AC-WC.

Sifat - Sifat	Kadar Aspal				
	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
Stabilitas	█	█	█	█	█
Kelelahan (<i>Flow</i>)	█	█	█	█	█
Kepadatan	█	█	█	█	█
Rongga dalam Agregat (VMA)	█	█	█	█	█
Rongga dalam Campuran (VIM)	█	█	█	█	█
Rongga Terisi Aspal (VFA)	█	█	█	█	█
Marshall <i>Quotient</i> (MQ)	█	█	█	█	█

Gambar 4. Diagram Batang Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Lastaston HRS-WC



Gambar 5. Diagram Batang Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Laston AC-WC

Berdasarkan hasil pengujian kadar aspal optimum (KAO), ditemukan bahwa campuran Laston HRS-WC menunjukkan hasil yang tidak memenuhi Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Pengujian parameter Marshall seperti kepadatan, stabilitas, kelelahan (*flow*), kepadatan, *Void in the Mineral Aggregate* (VMA), *Void in Mix* (VIM), *Void Filled with Asphalt* (VFA), dan *Marshall Quotient* (MQ) menunjukkan bahwa beberapa nilai tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan, terutama pada parameter VMA, VFA, dan MQ. Oleh karena itu, kadar aspal optimum (KAO) untuk campuran HRS-WC tidak dapat ditentukan.

Sementara itu, untuk campuran Laston AC-WC, hasil pengujian dan data pada **Tabel 6** menunjukkan bahwa nilai untuk kadar aspal optimum juga tidak dapat ditentukan. Beberapa parameter Marshall, termasuk stabilitas, kelelahan (*flow*), VMA, dan rasio partikel bahan yang lolos saringan No.200, tidak memenuhi Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2.

Dengan demikian, analisis ini menunjukkan bahwa batu bulat dari Quarry Takari sebagai agregat kasar pada campuran aspal beton HRS-WC dan AC-WC belum memenuhi standar yang diperlukan

untuk menentukan kadar aspal optimum sesuai dengan persyaratan yang berlaku. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa agregat batu bulat sebagai pengganti agregat kasar tidak dapat digunakan dalam campuran aspal beton HRS-WC dan AC-WC.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian analisis kinerja Batu Bulat Quarry Takari sebagai agregat kasar dalam campuran aspal beton HRS-WC dan AC-WC ditinjau dari Karakteristik Marshall, dapat ditarik beberapa kesimpulan penting yaitu :

1. Dalam pengujian Laston HRS-WC, parameter Marshall seperti *Void in the Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filled with Asphalt* (VFA), dan *Marshall Quotient* (MQ) tidak memenuhi standar yang ditetapkan oleh Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Karena ketidaksesuaian ini, kadar aspal optimum (KAO) untuk campuran HRS-WC tidak dapat ditentukan.
2. Untuk campuran Laston AC-WC, hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter seperti stabilitas, kelelahan (*flow*), VMA, dan rasio partikel bahan yang lolos saringan No.200 juga tidak memenuhi standar yang sama. Dengan demikian, kadar aspal optimum (KAO) untuk AC-WC juga tidak dapat ditentukan.
3. Penggunaan batu bulat sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran aspal beton HRS-WC dan AC-WC tidak dapat direkomendasikan, dan perlu dicari alternatif agregat kasar yang memenuhi spesifikasi

untuk memastikan kualitas dan kinerja yang optimal dari campuran aspal beton.

Saran

1. Mempertimbangkan penggunaan additif atau modifikasi pada aspal untuk meningkatkan sifat adhesi, kelekatan, dan kekuatan campuran. Penelitian ini dapat mencakup variasi jenis dan jumlah additif serta pengaruhnya terhadap karakteristik fisik dan mekanik campuran aspal.
2. Melakukan analisis lebih lanjut terkait perilaku panas campuran aspal beton yang menggunakan Batu Bulat Quarry Takari. Fokusnya dapat pada perubahan volume, ketahanan terhadap deformasi plastis, dan stabilitas campuran dalam kondisi beban lalu lintas yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Siahay, M. C., Ahmad, S. N., Gusty, S., Supacua, H. A. I., Ampangallo, B. A., Rachman, R. M., ... & Maitimu, A. (2023). Pembangunan Infrastruktur di Indonesia. TOHAR MEDIA.
- Bela, K. R. (2024). Analisis Nilai Durabilitas Laston HRS-WC dan Laston AC-WC menggunakan Material Agregat Bulat pada Pemadatan Sedang. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 6(1), 30-38.
- Apriawan, A. T. (2010). Analisis karakteristik Marshall pada aspal beton campuran panas dengan bahan tambah asbuton butir.
- Siregar, F. B. S. M. T. (2016). Pengaruh Penggunaan Bentuk Agregat Kasar yang Berbeda pada Perkerasan Jalan terhadap Karakteristik Marshall.
- Bulgis, B., & Alkam, R. B. (2017). Pemanfaatan Agregat Alami Dan Agregat Batu Pecah Sebagai Material Perkerasan Pada Campuran Aspal Beton. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 19(1).
- Makin, M. L. A. M., Kalogo, E., & Bela, K. R. (2023). Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan Terhadap Nilai Marshall Hasil Pemadatan Pada Aspal Hrs-Wc Secara Manual Dan Elektrik. *Eternitas: Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 27-37.
- Marga, D. B. (2020). Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Milo, M. K. I. M., Kalogo, E., & Bela, K. R. (2023). Perbandingan Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Panas Lapis Beton Lapis Antara Menggunakan Agregat Ukuran 25 Mm Dan Agregat Ukuran 19 mm. *Eternitas: Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 31-43.
- Umum, D. P. (2002). SNI 03-6889-2002. Tata Cara Pengambilan Contoh Agregat.
- ASTM, S. (2012). C136-2012. Metode Uji untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar.
- Nasional, B. S. (2008). SNI 2417-2008 Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Kementerian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan

Pengembangan PU.

Nasional, B. S. (2016). SNI 1969: 2016 Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.