

Pemanfaatan Agregat Kasar dan Halus Desa Wassu sebagai Campuran pada Perkerasan Jalan (AC-WC)

Fuad H. Ohorella, Syafruddin I. Latuconsina*

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Ambon,

* fuad.ohorella@lecturer.unpatti.ac.id

Diajukan : 09 Januari 2025, Revisi : 20 Februari 2025, Diterima : 22 Februari 2025

Abstract

The Maluku Provincial Government continues to build roads. 2021 data shows that 199.29 km of roads were damaged and 314.69 km were seriously damaged. Currently, the government is focusing on building roads in island areas. However, quality materials are limited. This study aims to evaluate the qualities of coarse and fine aggregate materials Wassu Village. This research methodology includes evaluating the properties of asphalt, coarse, fine aggregates, fillers, and Marshall. The research results show that the properties of the coarse and fine aggregate material meet the 2018 Bina Marga parameters. The findings from the Marshall characteristics test for the AC-WC mixture do not meet the specifications for optimum asphalt content (KAO). Where the minimum VIM parameter is 2% and the maximum is 4%. The Marshall test results at an asphalt content of 4.5 were worth 18.27%. 5.5 worth 17.45%. 6.0 is worth 17.18%. 6.5 is worth 15.53%. 7.0 is worth 13.72% and the range of FVB specifications is at least 65%. at an asphalt content of 4.5 worth 26.93%. 5.0 is worth 30.58%. 5.5 worth 33.34%. 6.0 is worth 38.37%. 6.5 worth 43.95%. Thus, there is a demand for more research on substituting fine aggregate using sea sand.

Keywords: Aggregate Characteristics, Marshall Test, Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)

Abstrak

Pemerintah Provinsi Maluku terus membangun jalan. Data 2021 menunjukkan 199,29 km jalan rusak dan 314,69 km rusak parah. Saat ini, pemerintah fokus membangun jalan di daerah kepulauan. Namun, keterbatasan material berkualitas. Penelitian ini bertujuan menganalisis sifat material agregat kasar, halus Desa Wassu. Metodologi penelitian ini meliputi evaluasi sifat aspal, agregat kasar, halus, bahan pengisi, dan Marshall. Hasil penelitian menunjukkan sifat material agregat kasar dan halus telah memenuhi parameter Bina Marga tahun 2018. Hasil uji karakteristik Marshall campuran AC-WC tidak memenuhi spesifikasi kandungan aspal optimum (KAO). Dimana VIM parameter minimum 2% dan maksimum 4%. Hasil uji Marshall pada kadar aspal 4,5 senilai 18,27%. 5,5 senilai 17,45%. 6,0 senilai 17,18%. 6,5 senilai 15,53%. 7,0 senilai 13,72% dan Range nilai FVB spesifikasi yaitu minimal 65%. pada kadar aspal 4,5 senilai 26,93%. 5,0 senilai 30,58%. 5,5 senilai 33,34%. 6,0 senilai 38,37%. 6,5 senilai 43,95%. Sehingga perlu adanya penelitian lanjutan substitusi agregat halus memakai pasir laut.

Kata Kunci: Karakteristik Agregat, Marshall Test, Asphalt Concrete-Wearins Course (AC-WC).

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini Pembangunan Infrastruktur, peningkatan serta pemeliharaan jalan di Maluku setiap tahun terus-menerus dilakukan guna memperlancar lalu lintas. Berdasarkan data dari Provinsi Maluku Dalam Angka Tahun 2021, Jenis Permukaan Jalan di Provinsi Maluku

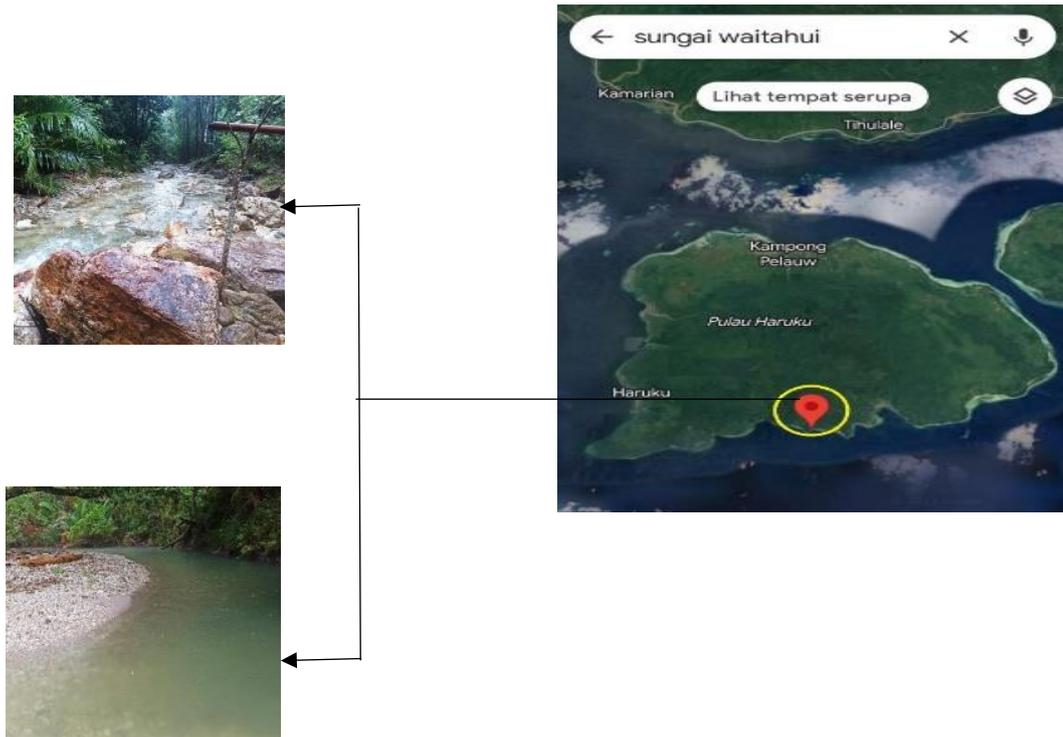
menunjukkan bahwa panjang jalan 809,85 km berpermukaan aspal, panjang jalan 97,28 km tidak diaspal, lainnya 176,97 km. Dan kondisi jalan di Provinsi Maluku memiliki kondisi yang berbeda-beda di antaranya 463,85 km dalam keadaan terawat, 71,11 km Dalam kondisi rata-rata, 199,29 km dalam keadaan rusak, 314,69 km dalam kondisi rusak berat. Saat ini Pemerintah Provinsi Maluku lebih memprioritaskan Pembangunan infrastruktur jalan di daerah-daerah kepulauan menghadapi tantangan dalam hal ketersediaan material jalan berkualitas yang sesuai spesifikasi (Maluku, 2021). Pemanfaatan material yang efisien dapat mengurangi biaya, meningkatkan kinerja perkerasan jalan, dan meningkatkan keberlanjutan infrastruktur (Masri et al., 2023), daerah-daerah tersebut sering kali membutuhkan biaya tinggi dan waktu yang lama karena harus mendatangkan material berkualitas dari daerah lain (Maluku, 2021).

Pemilihan material perkerasan jalan yang sesuai sangat penting untuk memastikan kualitas perkerasan yang konsisten sesuai dengan perkiraan umur rencana jalan (Hadijah & Sriharyani, 2022). Struktur jalan terdiri dari Aspal, bahan pengisi, batu pecah, dan pasir. Agregat memainkan berbagai peran penting dalam campuran beton aspal, termasuk meningkatkan kekuatan struktural campuran, meminimalkan penyusutan perkerasan, dan mempengaruhi kualitas perkerasan (Saodang, 2005; Sukirman, 2003; H. A. Susanto, 2020). Campuran aspal tipe AC-WC berfungsi sebagai lapisan permukaan pada struktur jalan yang berhubungan langsung dengan ban mobil. Lapisan ini dibuat untuk bertahan terhadap variasi iklim, gaya leteral, dan tekanan roda, sekaligus berfungsi sebagai penghalang kedap air untuk lapisan di bawahnya (Noviyanthi et al., 2023). Pemilihan bahan sangat penting, karena kinerja kombinasi AC-WC pada dasarnya dipengaruhi oleh jenis dan kualitas bahan penyusunnya (Bina Marga, 2018; Kab et al., 2024; Sukirman, 1999). Pada tahun 2020, Nilamsari Wendani melakukan penelitian campuran AC-WC dengan memanfaatkan agregat Sungai Bittuang terdiri dari 36,90% batu pecah, 50,30% pasir, dan 5,80% filler, dengan kadar aspal ideal 7,00%. Hasil pengujian *Marshall Immersion (Residual Strength Index)* telah sesuai Standar Umum Bina Marga tahun 2018 pada campuran AC-WC yang menggunakan agregat dari Sungai Bittuang, mencapai minimal 95,03%, melebihi ambang batas yang dipersyaratkan 90%. Saat ini, perencanaan desain perkerasan jalan AC-WC diatur dalam Peraturan Bina Marga Tahun 2018 devisa 6 (Wendani et al., 2020)

Sasaran utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dengan pasti nilai Uji Marshall terhadap pemanfaatan Agregat Desa Wassu pada kombinasi AC-WC. Permasalahan yang disampaikan adalah: Karakteristik Agregat Kasar dan Halus di Desa Wassu yang memenuhi persyaratan Bina Marga. Penelitian ini menggunakan metodologi Bina Marga dan *Marshall Test* untuk mengetahui nilai karakteristik material, stabilitas, dan *flow*. Penelitian ini mengkaji material dan sifat Marshall. Penelitian ini bertujuan menganalisis sifat material agregat kasar dan agregat halus Desa Wassu.

2. METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel agregat kasar dan halus berada pada sungai Waitahui Desa Wassu Kecamatan Pulau Haruku Kabupaten Maluku Tengah dan Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Dinas PUPR Provinsi Maluku. UPTD Pengujian dan Peralatan.



Gambar 1 Lokasi pengambilan sampel benda uji (Google Maps, 2024)

A. Tahap Penelitian

a) Pengujian Material

Pengujian Material dilakukan untuk menilai mutu dan karakteristik material agregat kasar dan halus Desa Wassu Kajian menyangkut karakteristik material Desa Wassu dengan mengaju pada spesifikasi Bina Marga 2018 Devisi 6 (I. Susanto & Suaryana, 2019).

b) Perencanaan Campuran AC-WC

Merumuskan rencana untuk memastikan proporsi masing-masing komponen dalam campuran aspal untuk mencapai formulasi yang memenuhi standar.

c) Alanisa Pengolahan dan Pembahasan

Pemrosesan melibatkan penggalian signifikansi dari penelitian, desain, dan data lapangan selaras dengan tujuan yang telah ditetapkan. Data diperoleh dari penelitian harus diolah dan dianalisis agar mencapai tujuan penelitian. Analisis pengolahan dan pembahasan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Nilai kestabilan harus diatur apabila tinggi benda uji menyimpang dari 63,5 mm (2 ½") sesuai tabel koreksi.

Mengelompokkan nilai-nilai hasil pengujian sesuai dengan pengujian yang dilakukan.

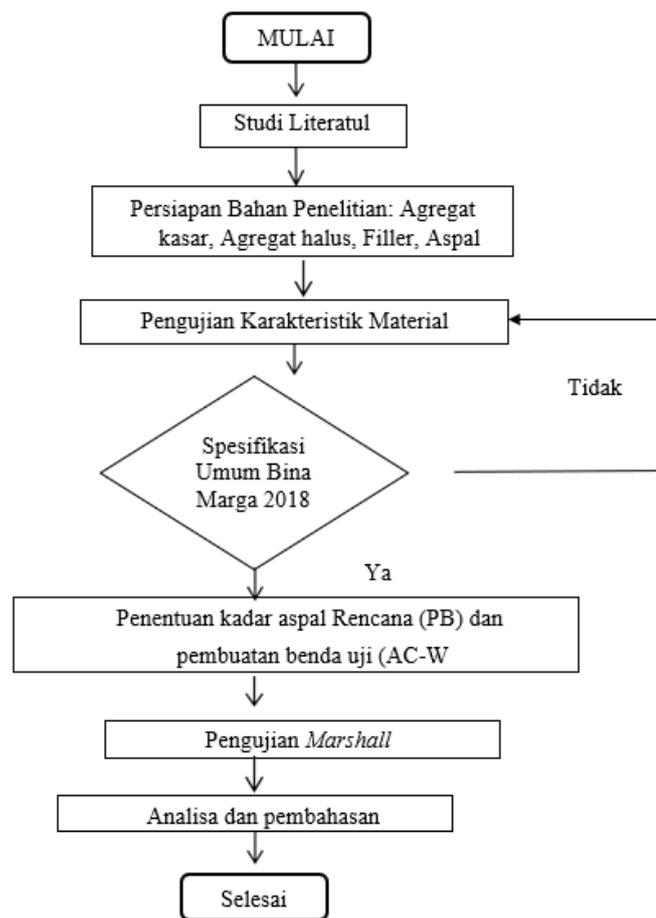
Hitung nilai rata-rata yang sesuai dengan setiap kandungan aspal untuk pengukuran kepadatan. Ruang kosong di dalam agregat (VMA), ruang kosong di dalam kombinasi (VIM), celah dipenuhi aspal (VFB), stabilitas. *Flow*, Hasil bagi *Marshall* (MQ).

Buatlah grafik untuk masing-masing nilai kepadatan, Ruang kosong di dalam agregat (VMA), ruang kosong di dalam kombinasi (VIM), celah dipenuhi aspal

(VFB), stabilitas, *flow*, hasil bagi *Marshall* (MQ), dan kadar aspal efektif dari hasil perhitungan dan pengolahan data penelitian

Menghitung nilai rata-rata karakteristik Marshall untuk campuran agregat kasar dan halus Desa Wassu dan buatlah grafik hubungan untuk mengetahui Menghitung nilai rata-rata karakteristik Marshall untuk campuran agregat kasar dan halus Desa Wassu dan buatlah grafik hubungan untuk mengetahui nilai persentase agregat kasar optimum yang dapat digunakan pada campuran.

Membuat kesimpulan penelitian yang membahas tujuan penelitian yang dilakukan (Bina Marga, 2018).



Gambar 2 Bagan alir penelitian

B. Perencanaan Campuran Beraspal Beton

Pada Penelitian ini menggunakan aspal pen 60/70 dengan memanfaatkan agregat kasar dan halus yang diperoleh dari Sungai Waitahui, kemudian dilakukan penilaian terhadap sifat-sifat agregat tersebut. Campuran Laston AC-WC selanjutnya dibuat dengan kadar aspal yang telah ditentukan. PB -1%; PB -0,5%; PB; PB +0,5%; PB +1% untuk mendapatkan KAO (Ohorella et al., 2023), seperti tergambar pada **Tabel 1**. Terdapat berbagai pendekatan formula untuk memastikan komposisi aspal rencana. Salah satunya formula dari Depkimpraswil. (Qur'ani, 2018; Yansyah, 2022)

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18(\%FF) + K \tag{1}$$

Dimana:

- Pb : Kandungan aspal awal
 % CA : bahan split kasar (tidak lolos saringan no. 8)
 % FA : bahan halus (melewati saringan no. 8 dan tidak lolos saringan 200)
 % FF : *Filler* (Bahan Pengisi)
 K : Nilai konstanta Laston 0,75 - 1

Tabel 1 Jumlah Benda Uji Kandungan Aspal Awal

Presentase Kandungan Aspal Awal (%)				
Pb -0,5	Pb -1	Pb	Pb +0,5	Pb +1
3 sampel uji	3 sampel uji	3 sampel uji	3 sampel uji	3 sampel uji

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Karakteristik Agregat Kasar dan Halus

Hasil terhadap pengujian tiga jenis material yang digunakan menunjukkan bahwa karakteristik material tersebut, yang disajikan pada **Tabel 2**, mengacu pada standar Divisi 6 Bina Marga tahun 2018.

Tabel 2 Nilai pemeriksaan agregat halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan				Syarat
		Batu Split		Halus	Abu Batu	
		10-20	5-10			
1	Penyerapan air	1,603	1,494	2,229	1,781	Maks. 3
2	Berat Jenis:					
	Berat jenis <i>Bulk</i>	2,471	2,451	2,611	2,224	
	Berat jenis SSD	2,508	2,488	2,670	2,264	
	Berat jenis semu	2,564	2,544	2,773	2,316	Min. 2,5
3	Abrasi	25,402	20,330			Maks 40%

B. Analisis Sifat Aspal

Kombinasi aspal AC-WC yang digunakan memenuhi seluruh kriteria yang ditetapkan, seperti yang tampak pada **Tabel 3** di bawah:

Tabel 3 Nilai Pemeriksaan Aspal Pen 60/70

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat
Aspal			
1	Penetrasi 25°C (0,1 mm)	65,50	60-70
2	Titik Lembek	53,5	≥ 48
3	Berat Jenis	1,031	≥ 1
4	Dakalitas	149,75	≥ 100
5	Kelekatan Agregat	97	

C. Analisis karakteristik Marshall

a) Hasil Pemeriksaan Marshall

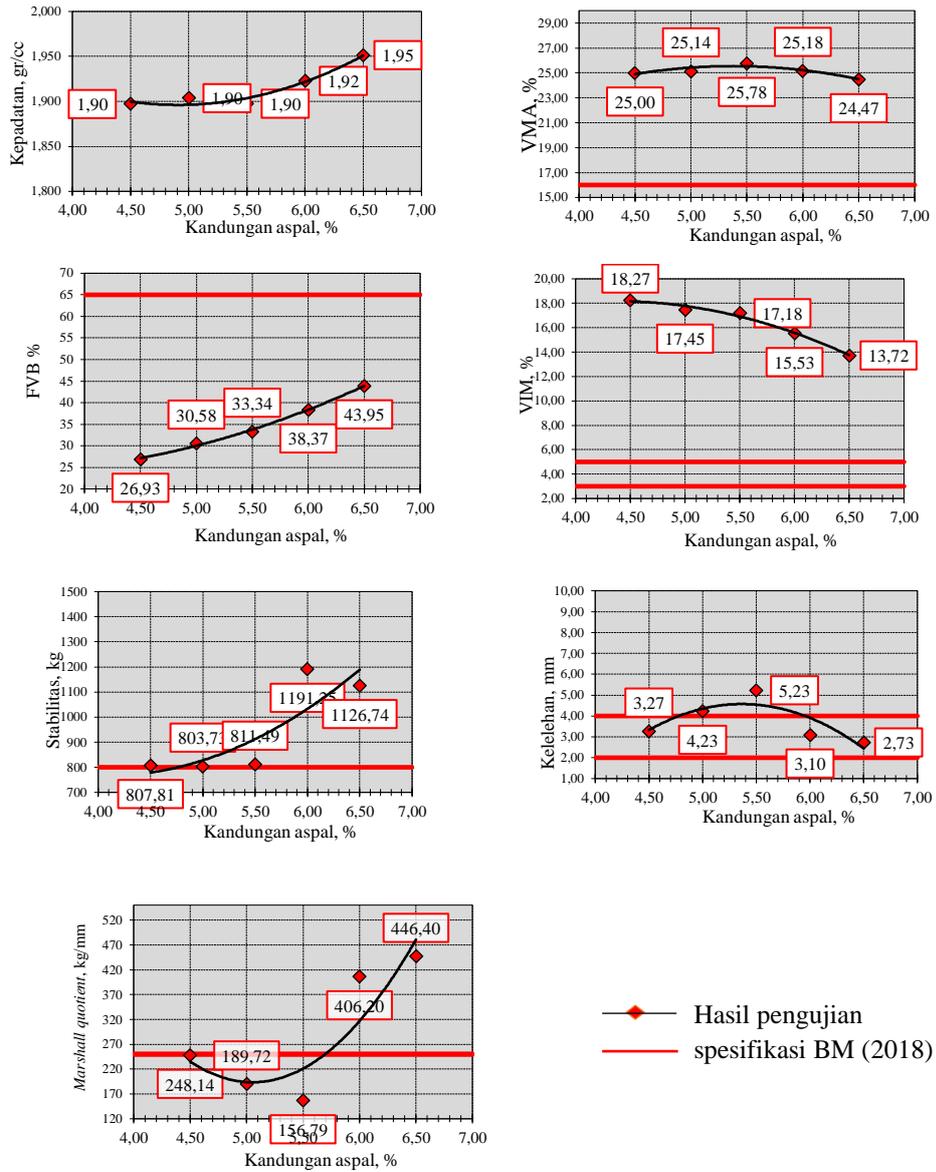
Kadar Optimum (KAO) menunjukkan jumlah aspal yang memenuhi seluruh parameter yang ditetapkan persyaratan Bina Marga. Tujuh faktor yang harus dipenuhi: Kepadatan, Ruang kosong di dalam agregat (VMA), ruang kosong di dalam Campuran (VIM), celah dipenuhi aspal (VFB), Stabilitas, *Flow*, hasil bagi *Marshall* (MQ), dan kandungan aspal efektif (Ohorella et al., 2023). Kadar aspal yang optimal dipastikan dengan menggunakan pengujian Marshall. Temuan uji Marshall untuk komposisi campuran standar disajikan pada **Tabel 4** sebagai berikut.

Tabel 4 Nilai Pemeriksaan Karakteristik Marshall

Kandungan Aspal	Density	VMA	VFB	VIM	Stabilitas	Flow	MQ
%	gr/cc	%	%	%	kg	mm	Kg/mm
4,5	1,90	25,00	26,93	18,27	807,81	3,27	248,14
5	1,90	25,14	30,58	17,45	803,73	4,23	189,72
5,5	1,90	25,78	33,34	17,18	811,49	5,23	156,79
6	1,92	25,18	38,37	15,53	1191,25	3,10	406,20
6,5	1,95	24,47	43,95	13,72	1126,74	2,73	446,40
Spesifikasi		Min. 15	Min. 65	2 - 4	Min. 800	Min. 2	Min. 250

b) Hubungan Kadar Aspal Dengan Kepadatan (*Density*), VMA, VFB, Stabilitas, Flow, MQ

Pada **Gambar 3**, dapat dilihat bahwa nilai **Density** (kepadatan) pada kadar aspal 4,5%, 5,5%, dan 6,5% adalah sama, yaitu 1,90 gr/cc. Namun, terjadi peningkatan seiring bertambahnya kadar aspal, dengan nilai 1,92 gr/cc pada kadar aspal 6,0% dan 1,95 gr/cc pada kadar aspal 6,5%. Grafik menunjukkan bahwa kenaikan nilai kepadatan tidak terlalu signifikan. Nilai **VMA** Memenuhi syarat Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2018, yaitu minimal 15%. Dari grafik, terlihat bahwa nilai VMA kadar aspal 4,5% adalah 25%, kadar aspal 5,0% sebesar 25,14%, pada kadar aspal 5,5% sebesar 25,78%, kadar aspal 6,0% sebesar 25,18%, dan kadar aspal 6,5% sebesar 24,47%. Nilai VMA pada Grafik menunjukkan mencapai maksimum pada kadar aspal 5,5% dan mengalami penurunan dengan bertambahnya kadar aspal.



Gambar 3 Grafik keterkaitan kandungan aspal dengan parameter marshall

Hasil pengujian rongga terisi (VFB) menunjukkan bahwa kadar aspal tidak memenuhi ketentuan minimum sebesar 65%. Dengan penambahan komposisi aspal Grafik menunjukkan adanya peningkatan nilai VFB. Setiap komposisi kadar aspal menunjukkan nilai stabilitas yang melampaui batas minimal 800 kg. Pada konsentrasi aspal sebesar 4,5%, stabilitas mencapai 807,81 kg, namun mengalami penurunan menjadi 803,73 kg, kandungan aspal 5,0%. Stabilitas kemudian meningkat menjadi 811,49 kg, kandungan aspal 5,5%, mencapai puncaknya pada 1191,25 kg, kandungan aspal 6,0%, dan kembali menurun menjadi 1126,74 kg, kandungan aspal 6,5%. Grafik ini menunjukkan bahwa stabilitas optimal diperoleh kadar aspal sebesar 6,0%, yang mengindikasikan bahwa pada kombinasi dengan kandungan aspal lebih rendah dalam AC-WC, lapisan aspal yang dihasilkan lebih tipis sehingga dapat mengganggu permukaan agregat.

Nilai *flow* diperoleh sebagai berikut: 3,27 mm pada kandungan aspal 4,5%; 4,23 mm pada kandungan aspal 5,0%; 5,23 mm kandungan aspal 5,5%; 3,40 mm pada kandungan aspal 6,0%; dan 2,73 mm pada kandungan aspal 6,5%. Grafik

menunjukkan bahwa nilai flow meningkat pada konsentrasi aspal 5,0% dan 5,5%, yang mencerminkan karakteristik plastis dan potensi kegagalan material.

Nilai hasil *Marshall* (MQ) pada berbagai kadar aspal tidak memenuhi standar minimal tahun 2018 yang ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, yaitu sebesar 250 kg/mm. Grafik menunjukkan nilai MQ sebesar 248,14 kg/mm pada kandungan aspal 4,5%, 189,72 kg/mm pada kadar aspal 5,0%, dan 156,79 kg/mm pada kandungan aspal 5,5%. Nilai MQ kemudian meningkat menjadi 406,20 kg/mm pada konsentrasi aspal 6,0% dan 446,40 kg/mm pada kandungan aspal 6,5%. Grafik ini mengindikasikan bahwa nilai MQ meningkat pada konsentrasi aspal 6,0% dan 6,5% yang perlu diperhatikan, karena peningkatan nilai MQ yang signifikan dapat membuat campuran rentan terhadap kekakuan yang berlebihan dan potensi retak.

D. PENUTUP

Dari hasil pengujian yang dilakukan tentang pemanfaatan agregat kasar dan halus Desa Wassu dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a) Sifat fisik bahan agregat dan aspal PEN 60/70 telah teruji dan mencukupi standar Bina Marga 2018, sehingga dapat digunakan sebagai bahan campuran perkerasan jalan AC-WC.
- b) Hasil campuran AC-WC untuk karakteristik Marshall dalam menentukan kandungan aspal optimum (KAO) gagal memenuhi standar Bina Marga Devisi 6 tahun 2018. Nilai *Voids in Mineral* (VIM) yang disyaratkan adalah minimal 2% dan maksimal 4%. Hasil uji Marshall menunjukkan nilai VIM pada kandungan aspal 4,5% sebesar 18,27%, pada 5,5% sebesar 17,45%, pada 6,0% sebesar 17,18%, pada 6,5% sebesar 15,53%, dan pada 7,0% sebesar 13,72%. Selain itu, nilai *Voids Filled with Bitumen* (VFB) yang disyaratkan adalah minimal 65%. Hasilnya, pada aspal kandungan 4,5% sebesar 26,93%, pada 5,0% sebesar 30,58%, pada 5,5% sebesar 33,34%, pada 6,0% sebesar 38,37%, dan pada 6,5% sebesar 43,95%. Data ini menunjukkan bahwa variasi VIM dan VFB terhadap kandungan aspal tidak memenuhi rentang yang ditetapkan, mengindikasikan bahwa campuran memiliki banyak rongga yang dapat menyebabkan *bleeding*.

Dalam kelanjutan penelitian ini, peneliti memberikan rekomendasi kepada peneliti lain.

- a) Perlu adanya penelitian lanjutan pemanfaatan agregat kasar dan halus Desa Wassu dengan substitusi maupun penambahan agregat halus dengan menggunakan pasir laut.
- b) Perlu adanya penelitian dengan menggunakan variasi *filler* terhadap pemanfaatan agregat kasar dan halus Desa Wassu.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Provinsi Maluku. (2021). *Provinsi Maluku Dalam Angka*. <https://maluku.bps.go.id/publication/2021/02/26/972e698a6e9a5506eabfdf7d/provinsi-maluku-dalam-angka-2021.html>
- Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Revisi 1. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, September*, 1–199.
- Google Maps. (2024). *Lokasi Pengambilan Sampel*. https://www.google.com/maps/@-3.572087,128.4487154,20494m/data=!3m1!1e3!5m1!1e2?entry=tту&g_ep=EgoyMDI0MTAyOS4wIKXMDSoASAFQAww%3D%3D

- Hadijah, I., & Sriharyani, L. (2022). Analisis Pengujian Marshall Pada Asphalt Concrete-Binder Course Dengan Campuran Lateks. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 12(1), 109. <https://doi.org/10.24127/tp.v12i1.2328>
- Kab, B., Jalan, G., & Malino, P. (2024). Analisis Pengaruh Variasi Ukuran Butiran Agregat Kasar Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton. 1423–1432.
- Masri, Y., C. Siahaya, V. T., & Istia, P. T. (2023). Pengaruh Penambahan Aspal Terhadap Stabilitas Marshall Pada Material Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Di Ruas Jalan Jenderal Sudirman–Rijali Kota Ambon. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 4(5), 543–555. <https://doi.org/10.59141/jist.v4i5.614>
- Noviyanthi, S. M., Raidyarto, A., & Riswanto, S. (2023). Pengaruh Perendaman Air Laut Terhadap Stabilitas Campuran Ac-Wc Menggunakan Agregat Koya Kota Jayapura. *Cyclops Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*. <https://scholar.archive.org/work/qaxq6lbwu5hvvktvatcmeqmdee/access/wayback/http://www.jurnal.uniyap.ac.id/uyp/index.php/cjtsp/article/download/484/422>
- Ohorella, F. H., Metekohy, J. G., & Patty, A. K. (2023). Jurnal Teknik Sipil Unaya Studi Penggunaan Abu Cangkang Kenari Sebagai Substitusi. *Teknik Sipil Unaya*, 9(2), 107–117.
- Qur'ani, L. (2018). Perbandingan Kadar Aspal Rencana Dan Kadar Aspal Hasil Ekstraksi Dengan Menggunakan Kapur Dan Semen Sebagai Filler Pada Campuran AC-BC (Doctoral dissertation. In *Universitas Islam Riau*. https://repository.uir.ac.id/1236/1/LATIFAH_QUR'ANI_1.pdf
- Saodang, H. (2005). *Perancangan Perkerasan Jalan Raya* (1st ed.). Nova.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Campur Aspal Panas*. Granit.
- Susanto, H. A. (2020). Pengaruh Penggunaan Filler Pasir Besi Dan Semen Dalam Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 21(1), 37. <https://doi.org/10.30595/techno.v21i1.7230>
- Susanto, I., & Suaryana, N. (2019). Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC) dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Kresek. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 17(2), 27. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v17i2.4980>
- Wendani, N., Selintung, M., & Alpius. (2020). Studi Penggunaan Agregat Sungai Bittuang Sebagai Bahan Campuran AC-WC. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2(2), 138–144. <https://doi.org/10.52722/pcej.v2i2.126>
- Yansyah, L. R. (2022). Pengaruh Penggunaan Cangkang Buah Kelapa Sawit Sebagai Substitusi Agregat Kasar Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete - Binder Course (Ac-Bc). *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 15(2), 62–70. <https://doi.org/10.23917/dts.v15i2.18718>