



Analisis Pemanfaatan Agregat Kasar Dari Gunung Lembang Bau Tana Toraja Sebagai Material Campuran Laston (AC-WC) dan (AC-BC)

Muhammad Iqbal¹, Jasman², Hamka³

Jurnal Transportasi
Program Studi Teknik Sipil,
Universitas Muhammadiyah Parepare,
Jl Jenderal Ahmad Yani KM. 6, Kota Parepare, Indonesia
Email : muhikbalekg00@gmail.com

¹muhikbalekg00@gmail.com

²jasmanyusuf70@gmail.com

³hamka1974@gmail.com

Abstrak – Pada perkerasan lentur dengan lapisan permukaan beton aspal, salah satu material yang memegang peranan penting adalah agregat yang mempunyai peranan sebagai penyumbang kekuatan struktur terbesar dalam campuran dan merupakan material penting yang digunakan untuk konstruksi jalan. Lembang Bau mempunyai cadangan material agregat yang sangat besar yang terletak di Tana Toraja. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik agregat dan kesesuaian agregat pada campuran aspal beton AC-WC dan AC-BC berdasarkan spesifikasi Bina Marga Umum tahun 2018. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium jalan dan aspal Universitas Muhammadiyah Parepare pada bulan Agustus sampai dengan September 2023. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian karakteristik agregat kemudian dilanjutkan dengan pengujian marshall dengan kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5 %, 6% dan 6,5%. Hasil penelitian campuran beton aspal AC-WC dan AC-BC menunjukkan bahwa karakteristik agregat, nilai stabilitas maksimum dan minimum, VMA, VIM, VFB, flow, dan Marshall Quotient (MQ) telah memenuhi spesifikasi Bina Marga Umum 2018. Dan hasil uji Marshall untuk kadar aspal optimum (KAO) campuran aspal beton AC-WC dan AC-BC diperoleh sebesar 5,85%. Kelayakan agregat diperoleh nilai KA minimum sebesar 5,2% dan nilai KA maksimum sebesar 6,5% yang memenuhi spesifikasi Bina Marga Umum tahun 2018.

Kata Kunci – Uji Marshall; Karakteristik; AC-WC; AC-BC;

I. PENDAHULUAN

Jalan merupakan infrastruktur dasar dan utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan daerah, mengingat penting dan strategisnya fungsi jalan untuk mendorong distribusi barang dan jasa sekaligus mobilitas penduduk. Untuk itu diperlukan perencanaan struktur perkerasan yang kuat, tahan lama dan mempunyai daya tahan tinggi terhadap deformasi plastis yang terjadi. Kebutuhan akan prasarana jalan untuk memudahkan dalam kegiatan transportasi membuat penelitian terhadap perkerasan jalan semakin meningkat, hal itu merupakan upaya dalam meningkatkan kualitas jalan sehingga meminimalisir kerusakan akibat beban kendaraan yang terjadi atau *overload* [1][2].

Permasalahan perkerasan jalan di Indonesia saat ini adalah beban lalu lintas yang meningkat pesat di luar daya guna perkerasan jalan, curah hujan yang tinggi dan sistem drainase yang tidak dikelola dengan baik, serta kerusakan akibat proses pemadatan lapisan di atas dasar tanah. Jalan juga melayani 80-90 % mobilisasi seluruh angkutan barang dan orang. Hal tersebut mengakibatkan kerusakan pada jalan tidak dapat dihindari karena beban yang ditanggung akibat aktivitas mobilisasi angkutan orang dan barang tersebut, serta diperparah juga

oleh situasi iklim di Indonesia yang tropis, kelembaban dan curah hujan yang tinggi mengakibatkan intensitas sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun, curah hujan yang tinggi juga dapat memperpendek umur jalan sehingga banyak ditemui jalan-jalan yang sudah rusak [3][4].

Penelitian terkait dengan penggunaan batu gunung menyatakan beberapa pendapat, seperti penggunaan material batu gunung Botomale untuk AC-WC dengan kadar aspal 6,5% dan AC-BC dengan kadar aspal 5%, tahan terhadap deformasi terhadap beban lalu lintas dan tidak mengalami perubahan bentuk, perkerasan tidak mudah retak karena tidak kaku, tidak mudah terjadi bleeding, kedap air, mempunyai keawetan yang tinggi serta mampu untuk mencegah keausan karena pengaruh lalu lintas, pengaruh cuaca dan perubahan suhu selama umur rencananya. Adapun yang menyatakan bahwa material yang berasal dari Molobog mendapatkan kadar aspal terbaik 5.6% lebih kecil dibandingkan dengan material dari Kakaskasen yaitu 6% dikarenakan memiliki berat jenis dan penyerapan serta abrasi yang berbeda. Untuk perencanaan campuran beraspal panas khususnya lapis perkerasan AC – BC ini sebaiknya menggunakan material yang mempunyai sifat fisik dan mekanik yang baik agar umur perkerasan jalan tahan lama. Juga bahwa ketahanan/keawetan campuran AC-BC yang memakai agregat batu Gunung Baba pada perendaman 12 jam - 48 jam telah memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 dan pada perendaman 60 jam tidak memenuhi spesifikasi [5][6][7].

Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan pembuat jalan raya, material ini dipilih karena hasil akhirnya yang baik dan nyaman sebagai perkerasan fleksibel. Dalam meningkatkan struktur perkerasan jalan dibutuhkan alternatif bahan untuk dicampur dengan aspal ataupun agregat. Agregat merupakan bahan yang sangat penting dalam faktor penentu kinerja lapis perkerasan jalan dikarenakan presentase agregat yang cukup besar maka akan mengakibatkan pengaruh yang besar juga dalam pembentukan kinerja konstruksi lapis pekerjaan jalan [8][9][10].

Pegunungan Lembang Bau, Kecamatan Bonggakaradeng, Kabupaten Tana Toraja, Provinsi Sulawesi Selatan dengan luas wilayah 64,79 km². Gunung Lembang Bau Tana Toraja, sebagai salah satu sumber daya alam di Indonesia, menawarkan potensi sumber daya agregat kasar yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan campuran laston. Analisis pemanfaatan agregat kasar dari wilayah ini menjadi penting karena dapat memberikan alternatif bahan konstruksi lokal yang dapat mengurangi ketergantungan pada sumber daya luar daerah. Dengan berlimpahnya material agregat tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal untuk keperluan konstruksi jalan. Karena selama ini material yang digunakan untuk konstruksi jalan di Lembang Bau, Tana Toraja, diambil dari Enrekang yang memerlukan waktu cukup lama serta biaya yang cukup besar, sedangkan material agregat yang ada di pegunungan Lembang Bau, dapat digunakan sebagai aspal beton, dan campuran beton. Selain itu, analisis ekonomis menjadi pertimbangan esensial dalam mengevaluasi keberlanjutan proyek konstruksi jalan. Pemanfaatan agregat lokal dapat mengurangi biaya transportasi, memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat lokal, dan pada gilirannya, berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan.

Adapun tujuan pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik agregat kasar Gunung Lembang Bau Tana Toraja apakah dapat digunakan sebagai sumber agregat untuk perancangan perkerasan jalan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan penelitian metode eksperimental, yaitu penelitian ini dilakukan di laboratorium yang bertujuan untuk menyelidiki sebab akibat antara satu sama lain. Proses penelitian ini dilakukan dengan serangkaian pengujian terhadap karakteristik bahan yang digunakan dengan persyaratan yang ditentukan. Selanjutnya dibuat 3 buah sampel masing-masing dengan kadar aspal bervariasi untuk menentukan Kadar Aspal Optimum. Bahan yang digunakan yaitu agregat kasar dan halus yang digunakan berasal dari Gunung Lembang Bau, Kecamatan Bonggakaradeng, Kabupaten Tana Toraja. Sedangkan alat yang digunakan tersedia di Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare dan penelitian dilakukan selama 2 bulan mulai dari bulan Juli sampai dengan bulan Agustus 2023.

B. Benda Uji

Tabel 1: Rekapitulasi jumlah benda uji

No	Kode Sampel		Kadar Aspal ^a	Jumlah Sampel ^b	
	AC-WC	AC-BC		AC-WC	AC-BC
1	1	1	4,5	3	3
2	2	2	5,5	3	3
3	3	3	5,5	3	3
4	4	4	6,0	3	3
5	5	5	6,5	3	3
6	Jumlah			15	15

^aKadar Aspal dalam satuan %

^bJumlah Sampel dalam satuan Buah

C. Pengujian Marshall

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode marshall. Konsep *marshall test* dikembangkan oleh Bruce Marshall, seorang insinyur perkerasan pada *Mississippi State Highway*.

Tabel 2 : Ketentuan Karakteristik Campuran Laston (AC) [11]

No	Karakteristik	Spesifikasi
1	Stabilitas	>800
2	Flow (Pelelehan)	≥3
3	Marshall Quotient (MQ)	>250
4	Void in the Mix (VIM)	3-5
5	Void in Mineral Agregate (VMA)	>15
6	Void Filled with Asphalt (VFA)	>63

Menurut [12], kinerja campuran beraspal ditentukan oleh volumetrik campuran (padat) yang terdiri atas:

1. Stabilitas

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian dengan alat *marshall*. Selanjutnya dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi tebal benda uji [12]. Nilai stabilitas dapat dihitung dengan rumus:

$$S = p \times q \quad \dots(1)$$

Dimana:

S = Nilai stabilitas, (kg)

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = Angka koreksi tebal benda uji [12]

2. Void in the Mix (VIM)

VIM (*void in the mix*) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran [12]. Nilai VIM dapat dihitung dengan rumus:

$$VIM = 100 - \frac{\text{Berat Isi Benda}}{\text{Gmm}} \times 100 \quad \dots(2)$$

Dimana:

VIM = Persentase rongga udara pada campuran, (%)
 Gmm = Berat benda uji ssd setelah dipadatkan, (gr/cc)
 Berat Isi Benda = Berat jenis bulk campuran setelah pemadatan, (gr/cc)

3. *Void in Mineral Agregate (VMA)*

VMA (*void in mineral aggregate*) merupakan kadar persentase ruang rongga diantara partikel agregat pada benda uji, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat) [12]. Nilai VMA beton dapat dihitung dengan rumus:

$$VMA = 100 - \frac{\text{Berat Isi Benda (100-kadar aspal)}}{G_{sb}} \quad \dots(3)$$

Dimana:

VMA = Rongga udara pada campuran, (%)
 Gsb = Berat benda uji ssd setelah dipadatkan, (gr)
 Berat isi benda = Berat jenis bulk campuran setelah pemadatan, (gr/cc)
 Kadar aspal = Persentase kadar aspal terhadap berat total campuran, (%)

4. *Void Filled with Asphalt (VFA)*

VFA (*void filled with asphalt*) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan [12]. Nilai VFA dapat dihitung dengan rumus:

$$VFA = \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \times 100 \quad \dots(4)$$

Dimana:

VFA = Persentase rongga udara yang terisi aspal, (%)
 VMA = Persentase rongga udara pada mineral agregat, (%)
 VIM = Persentase rongga udara pada campuran, (%)

5. *Flow (Pelelehan)*

Pelelehan (*flow*) merupakan tingkat kelelehan campuran ketika diuji dalam keadaan suhu ekstrim yaitu 60°C. Dikarenakan tidak tersedianya alat *flow* meter di laboratorium, maka nilai *flow* didapat dari hasil mengurangi rata-rata diameter awal benda uji sebelum pengujian dengan rata-rata diameter benda uji setelah pengujian [12].

6. *Marshall Quotient (MQ)*

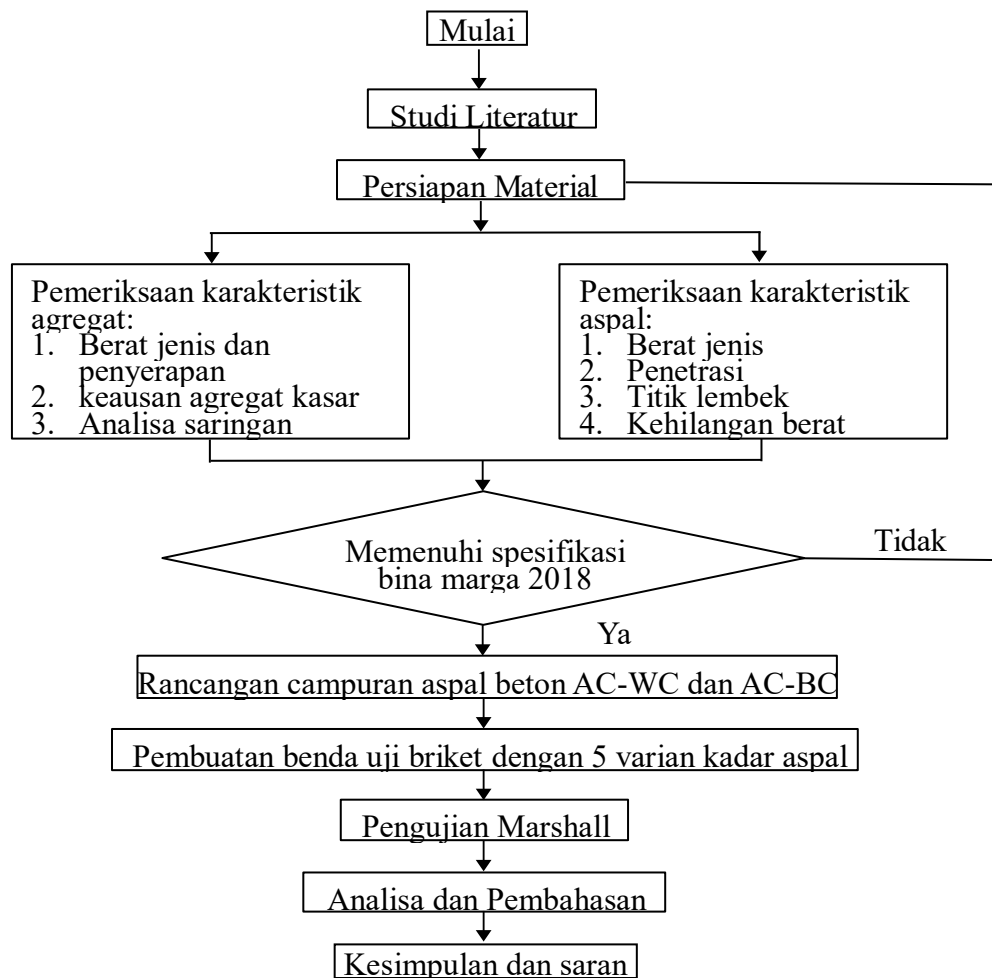
Marshall quotient (MQ) merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow* [12]. Nilai *Marshall quotient* dapat dihitung dengan rumus:

$$MQ = \frac{S}{F} \quad \dots(5)$$

Dimana:

MQ = Nilai *marshall quotient*, (kg/mm)
 S = Nilai stabilitas, (kg)
 F = Nilai *flow*, (mm)

D. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1: Diagram alir penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Tabel 3 : Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Agregat		
			Abu Batu	1-2	0,5-1
1	Kearsan	Maks 30%		15,6	
2	Absorbsi	Maks. 3 %	2,34	1,88	0,03
3	Berat Jenis Nyata	Min. 2,5 gr	2,50	2,73	2,55
4	Berat Jenis Kering Permukaan (Ssd)	Min. 2,5 gr	2,56	2,78	2,63
5	Berat Jenis Semu	Min. 2,5 gr	2,66	2,88	2,79

Hasil pemeriksaan keausan agregat (abrasi) telah memenuhi spesifikasi yaitu maksimal 30 %. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat 1-2, 0,5-1, dan agregat halus (abu batu) telah memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis maksimal 2.5 gram dan penyerapan air maksimal 3 % yang tertera pada tabel 3.

B. Hasil Pemeriksaan Aspal

Tabel 4 : Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
1	Berat jenis aspal	1.02	$\geq 1,0$	gr/cc
2	Titik lembek aspal	48.50	≥ 48	$^{\circ}\text{C}$
3	Penetrasi pada 25 $^{\circ}\text{C}$	66.40	60-70	0,1 mm
4	Kehilangan berat aspal	0.35	$\leq 0,8$	%

Dari hasil pengujian diperoleh berat jenis 1,02 gr/cc, titik lembek sebesar 48,50 $^{\circ}\text{C}$, penetrasi pada 25 $^{\circ}\text{C}$ sebesar 66.40 mm, kehilangan berat aspal sebesar 0.35 % yang tertera pada table 4.

C. Pengujian Marshall

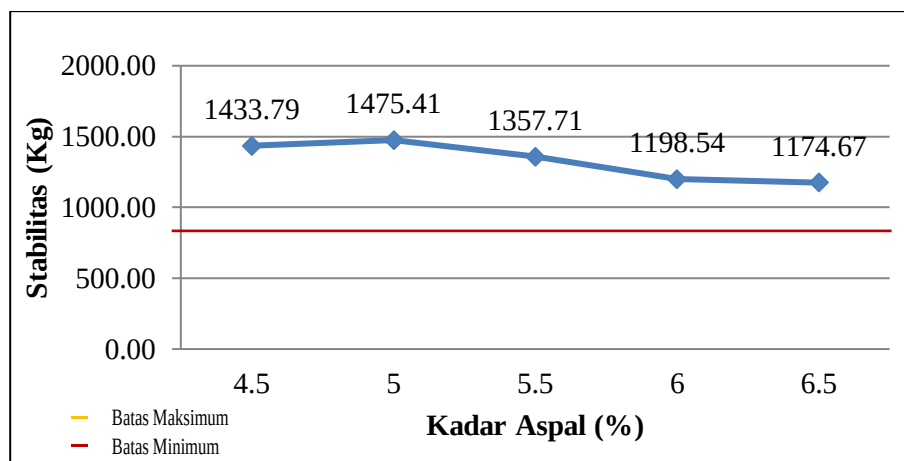
1. Stabilitas

Tabel 5 : Rekapitulasi Nilai Stabilitas

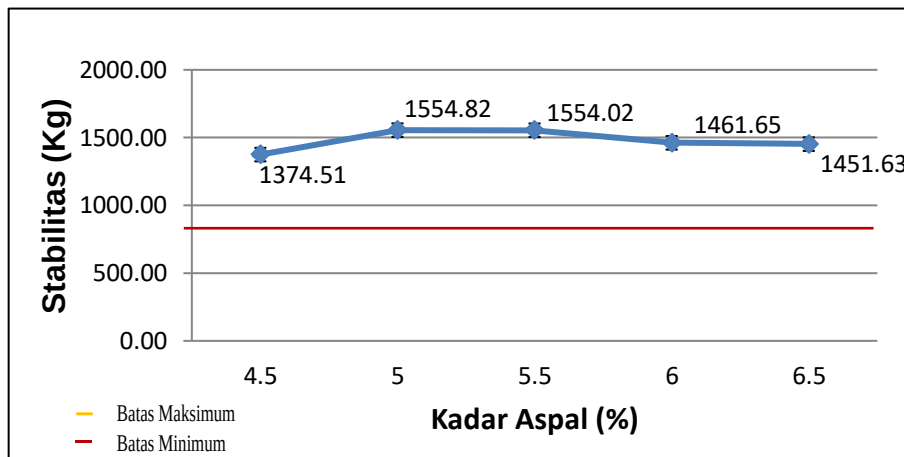
No.	Kadar Aspal ^a	Stabilitas AC-WC ^b	Stabilitas AC-BC ^b	Spesifikasi	
				Min	Maks
1	4,5	1433,79	1374,51	800	-
2	5,0	1475,41	1554,82	800	-
3	5,5	1357,71	1554,02	800	-
4	6,0	1198,54	1461,65	800	-
5	6,5	1174,67	1451,63	800	-

^aKadar Aspal dalam satuan %

^bStabilitas dalam satuan kg



Gambar 2 : Nilai Stabilitas AC-WC



Gambar 3 : Nilai Stabilitas AC-BC

Hasil pengujian campuran aspal beton AC-WC diperoleh nilai Stabilitas maksimum yaitu pada kadar aspal 5 % dan minimum pada kadar aspal 6.5 % dan campuran aspal beton AC-BC diperoleh nilai stabilitas maksimum yaitu pada kadar aspal 5 % dan minimum yaitu pada kadar aspal 4.5 % yang telah memenuhi persyaratan yang tertera pada gambar 2 dan 3.

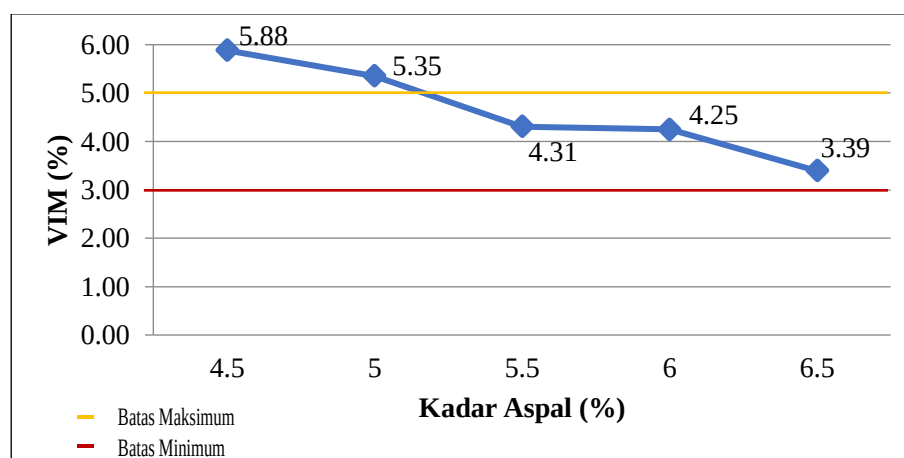
2. *Void in the Mix (VIM)*

Tabel 6 : Rekapitulasi Nilai VIM

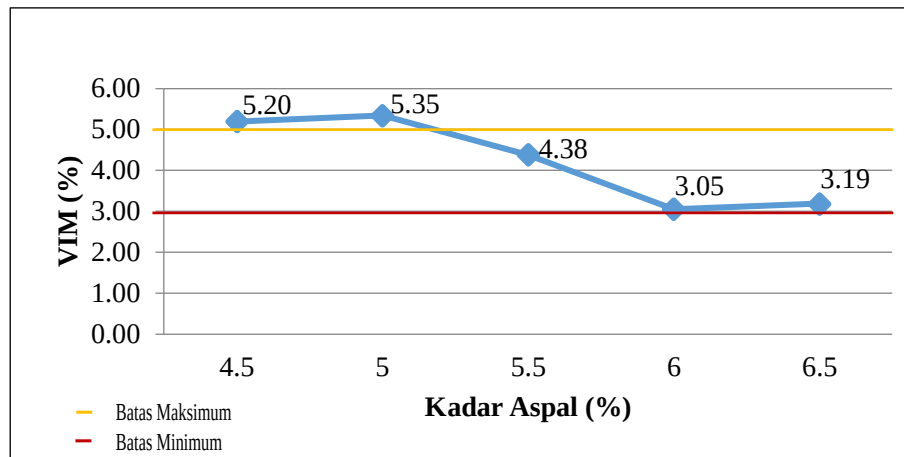
No.	Kadar Aspal ^a	VIM AC-WC ^b	VIM AC-BC ^b	Spesifikasi	
				Min	Maks
1	4,5	5,88	5,20	3	5
2	5,0	5,35	5,35	3	5
3	5,5	4,31	4,38	3	5
4	6,0	4,25	3,05	3	5
5	6,5	3,39	3,19	3	5

^aKadar Aspal dalam satuan %

^bVIM dalam satuan %



Gambar 4 : Nilai VIM AC-WC



Gambar 5 : Nilai VIM AC-BC

Hasil pengujian campuran aspal beton AC-WC diperoleh nilai VIM maksimum yaitu pada kadar aspal 4.5 % dan minimum pada kadar aspal 6.5 % dan campuran aspal beton AC-BC diperoleh nilai VIM maksimum yaitu pada kadar aspal 5 % dan minimum yaitu pada kadar aspal 6 %. Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat campuran Laston nilai VIM (*Void In Mix*) yang memenuhi persyaratan yaitu sebesar 3% - 5%. Nilai VIM (*Void In Mix*) yang memenuhi persyaratan yaitu pada kadar aspal 5.5% sampai dengan 6.5%

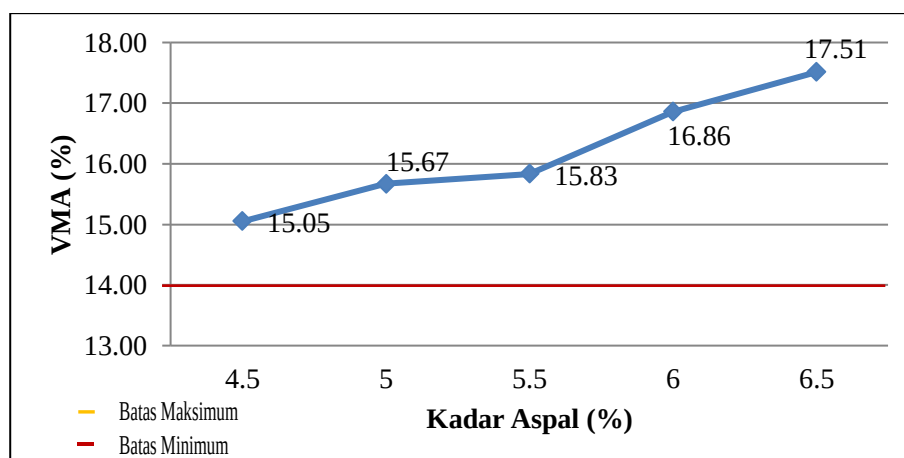
3. *Void in Mineral Aggregate* (VMA)

Tabel 7 : Rekapitulasi Nilai VMA

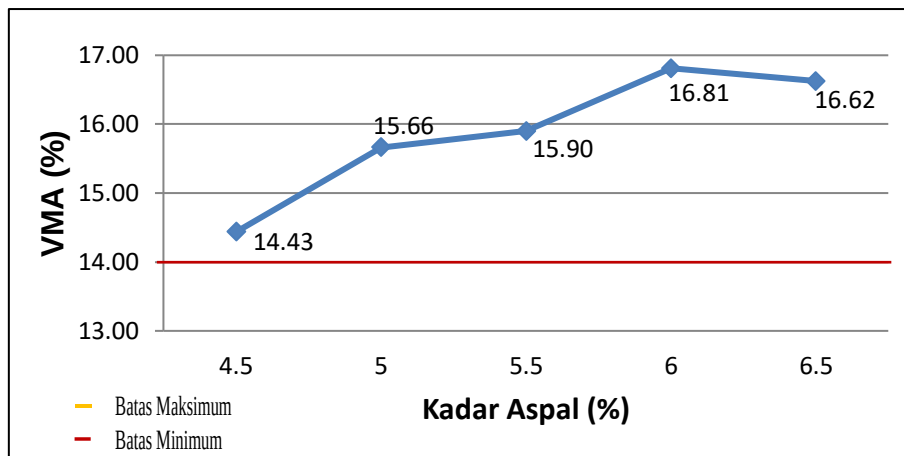
No.	Kadar Aspal ^a	VMA AC-WC ^b	VMA AC-BC ^b	Spesifikasi	
				Min	Maks
1	4,5	15,05	14,43	14	-
2	5,0	15,67	15,66	14	-
3	5,5	15,83	15,90	14	-
4	6,0	16,86	16,81	14	-
5	6,5	17,51	16,62	14	-

^aKadar Aspal dalam satuan %

^bVMA dalam satuan %



Gambar 6 : Nilai VMA AC-WC



Gambar 7 : Nilai VMA AC-BC

Hasil pengujian campuran aspal beton AC-WC diperoleh nilai VMA maksimum yaitu pada kadar aspal 6.5 % dan minimum pada kadar aspal 4.5 % dan campuran aspal beton AC-BC diperoleh nilai VMA maksimum yaitu pada kadar aspal 6 % dan minimum yaitu pada kadar aspal 4.5 % yang telah memenuhi persyaratan yang tertera pada gambar 6 dan 7.

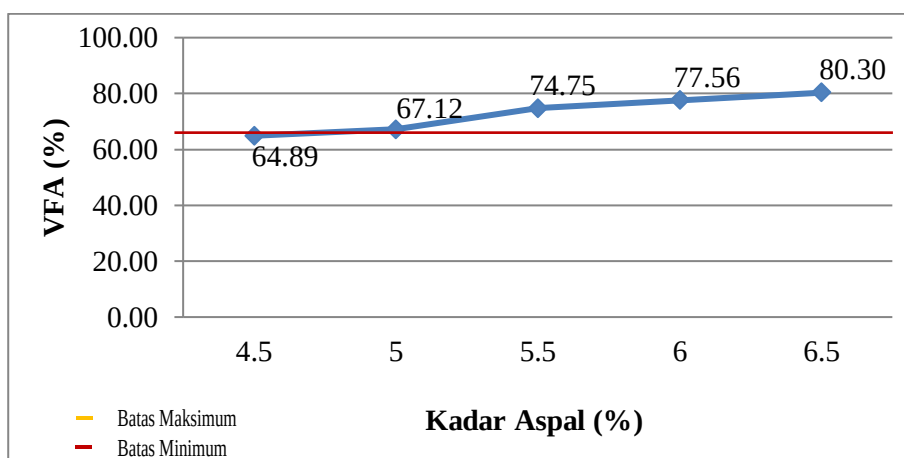
4. Void Filled with Asphalt (VFA)

Tabel 8 : Rekapitulasi Nilai VFA

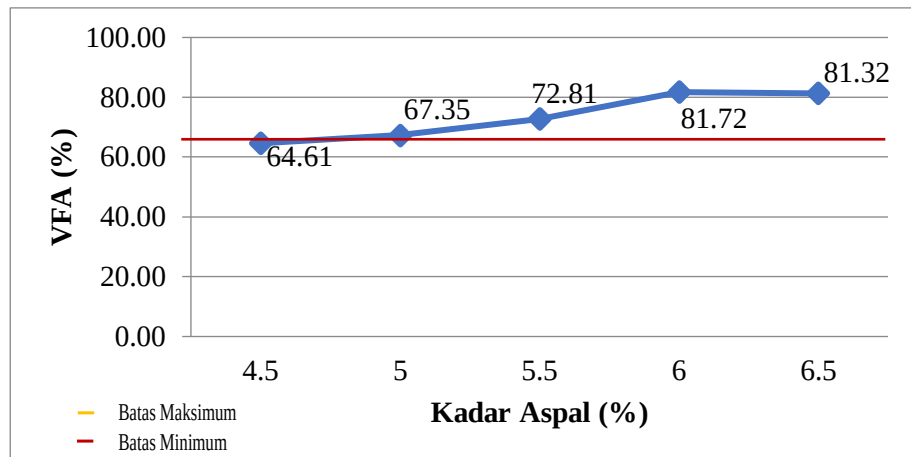
No.	Kadar Aspal ^a	VFA AC-WC ^b	VFA AC-BC ^b	Spesifikasi	
				Min	Maks
1	4,5	64,89	64,61	65	-
2	5,0	67,12	67,35	65	-
3	5,5	74,75	72,81	65	-
4	6,0	77,56	81,72	65	-
5	6,5	80,30	81,32	65	-

^aKadar Aspal dalam satuan %

^bVFA dalam satuan %



Gambar 8 : Nilai VFA AC-WC



Gambar 9 : Nilai VFA AC-BC

Hasil pengujian campuran aspal beton AC-WC diperoleh nilai VFA maksimum yaitu pada kadar aspal 6.5 % dan minimum pada kadar aspal 4.5 % dan campuran aspal beton AC-BC diperoleh nilai VFA maksimum yaitu pada kadar aspal 6 % dan minimum yaitu pada kadar aspal 4.5 % yang telah memenuhi persyaratan yang tertera pada gambar 8 dan 9.

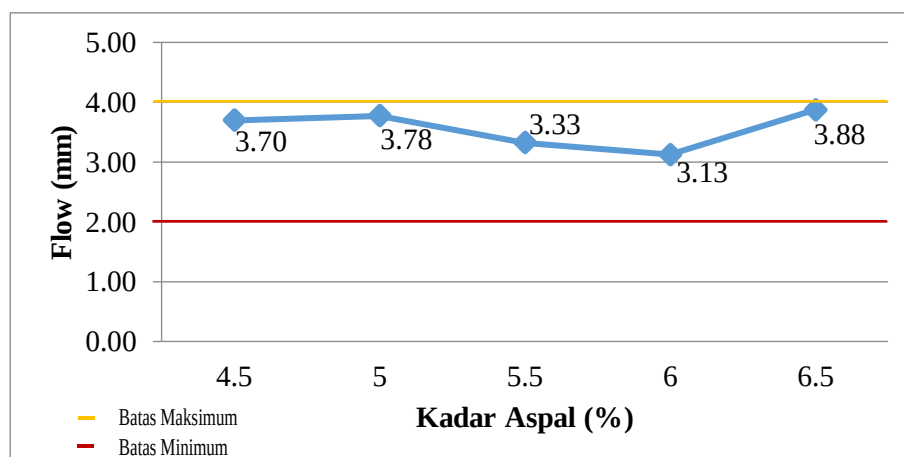
5. Flow

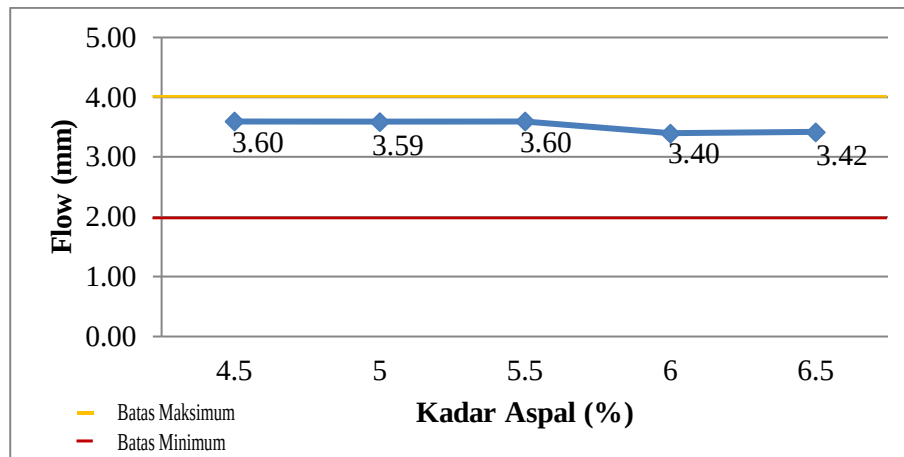
Tabel 9 : Rekapitulasi nilai *flow*

No.	Kadar Aspal ^a	<i>flow</i> AC-WC ^b	<i>flow</i> AC-BC ^b	Spesifikasi	
				Min	Maks
1	4,5	3,70	3,60	2	4
2	5,0	3,78	3,59	2	4
3	5,5	3,33	3,60	2	4
4	6,0	3,13	3,40	2	4
5	6,5	3,88	3,42	2	4

^aKadar Aspal dalam satuan %

^b*flow* dalam satuan mm

Gambar 10 : Nilai *flow* AC-WC



Gambar 11 : Nilai *flow* AC-BC

Hasil pengujian campuran aspal beton AC-WC diperoleh nilai *Flow* maksimum yaitu pada kadar aspal 6.5 % dan minimum pada kadar aspal 6 % dan campuran aspal beton AC-BC diperoleh nilai *Flow* maksimum yaitu pada kadar aspal 4.5 % dan 5.5 %, nilai minimum yaitu pada kadar aspal 6 % yang telah memenuhi persyaratan yang tertera pada gambar 10 dan 11.

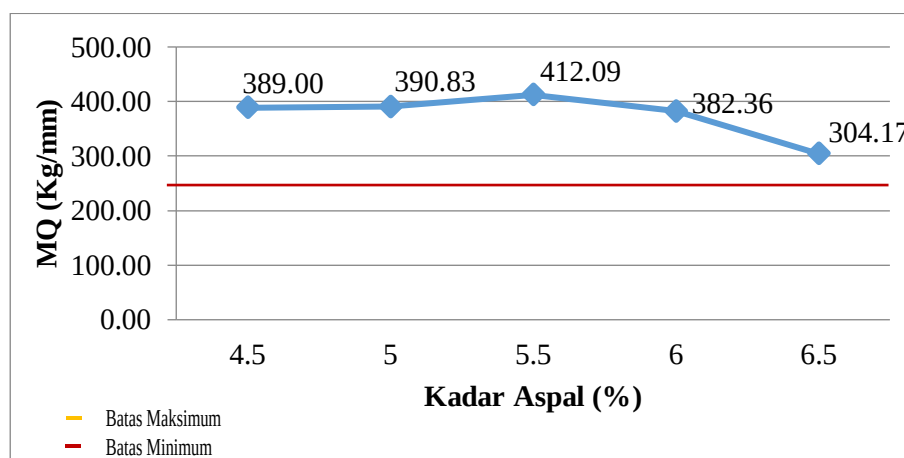
6. *Marshall Quotient* (MQ)

Tabel 10 : Rekapitulasi nilai MQ

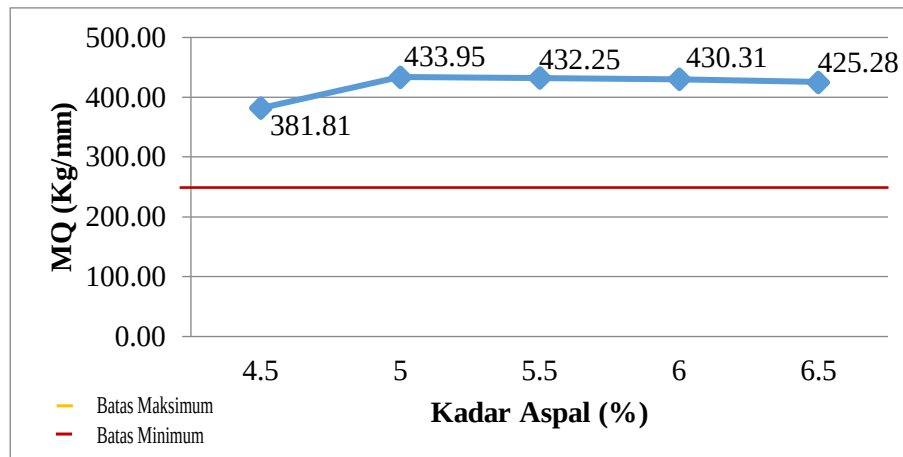
No.	Kadar Aspal ^a	MQ AC-WC ^b	MQ AC-BC ^b	Spesifikasi	
				Min	Maks
1	4,5	389,00	381,81	250	-
2	5,0	390,83	433,95	250	-
3	5,5	412,09	432,25	250	-
4	6,0	382,36	430,31	250	-
5	6,5	304,17	425,28	250	-

^aKadar Aspal dalam satuan %

^bMQ dalam satuan mm/kg



Gambar 12 : Nilai MQ AC-WC

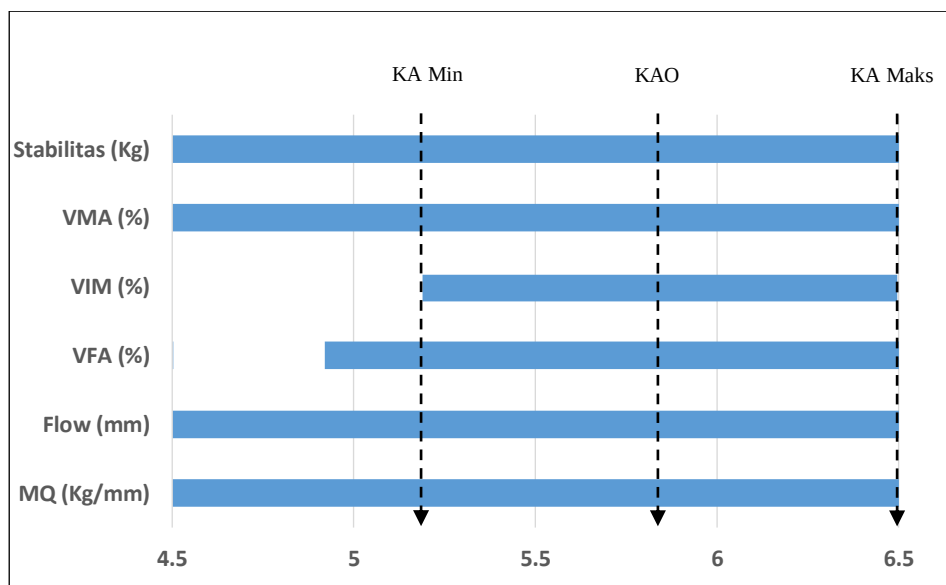


Gambar 13 : Nilai MQ AC-BC

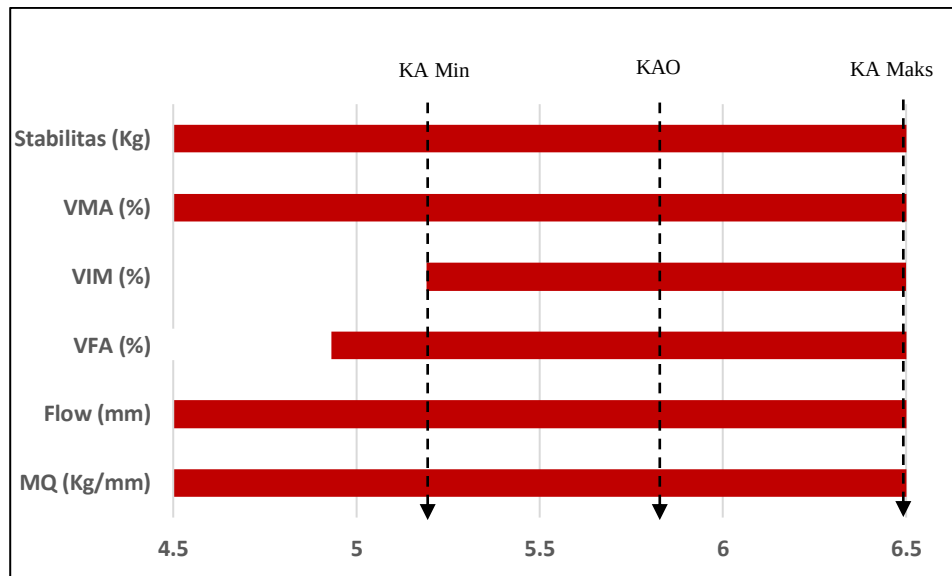
Hasil pengujian campuran aspal beton AC-WC diperoleh nilai *Marshall Quotient* (MQ) maksimum yaitu pada kadar aspal 5.5 % dan minimum pada kadar aspal 6.5 % dan campuran aspal beton AC-BC diperoleh nilai *Marshall Quotient* (MQ) maksimum yaitu pada kadar aspal 5 % dan minimum yaitu pada kadar aspal 4.5 % yang telah memenuhi persyaratan yang tertera pada gambar 12 dan 13.

7. Kadar Optimum Aspal (KAO)

Dalam penentuan kadar aspal optimum untuk menetapkan berapa besarnya kadar aspal efektif dalam campuran yang diperlukan untuk pembuatan benda uji baru dengan komposisi agregat sama namun dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan. Berikut nilai kadar aspal optimum yang diperoleh dari pengujian marshall terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 14 : Nilai kadar optimum aspal (KAO) AC-WC



Gambar 15 : Nilai kadar optimum aspal (KAO) AC-BC

Berdasarkan gambar 14 dan 15 diagram menunjukkan nilai Stabilitas, VMA, VIM, FVA, Flow, Marshall Quotient (MQ)..

IV. KESIMPULAN

Hasil pengujian keausan agregat telah memenuhi spesifikasi yaitu maksimal 30%. Hasil pengujian karakteristik agregat 1-2, 0,5-1, dan agregat halus (abu batu) telah memenuhi spesifikasi yaitu berat jenis maksimal 2,5 gram dan penyerapan air maksimal 3%. Hasil pengujian karakteristik aspal diperoleh berat jenis 1,02 gr/cc, titik lembek sebesar 48,50°C, penetrasi pada 25°C sebesar 66,40 mm, kehilangan berat aspal sebesar 0,35%.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa karakteristik agregat, karakteristik aspal, nilai Stabilitas, VMA, VIM, FVA, Flow, Marshall Quotient (MQ) yang memenuhi spesifikasi untuk semua karakteristik dalam campuran 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, dan 6.5%. Sehingga nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5.85%. Nilai KA minimum 5.2 % dan KA maksimum 6.5 % yang telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dan layak digunakan dalam campuran aspal beton AC-WC Dan AC-BC.

Hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat diberikan saran yang diharapkan dapat bermanfaat. Saran yang dapat diberikan yaitu penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meneliti lebih mendalam pengaruh penggunaan material agregat gunung Lembang Bau terhadap karakteristik campuran aspal beton AC-WC dan AC-BC dengan komposisi campuran yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Parepare khususnya Program Studi Teknik Sipil yang telah memfasilitasi terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Fajri., S. Sazuatmo. "Pemanfaatan Limbah Tutup Botol Air Mineral Sebagai Filler Pada Lapis Perkerasan Base A," *Majalah Teknik Simes*, Vol. 15, No. 2, hlm 3. Juli 2021. Tersedia: <https://doi.org/10.32663/simes.v15i2.2064>

- [2] I. Zulkarnain., M. Hidayat. “Pengaruh Penggunaan Kapur Sebagai Penambahan Filler Pada Campuran Aspal AC-BC,” *Journal Of Civil Engineering Building and Transportation*, Vol. 7, No. 1, hlm. 239-251. 2023. Tersedia: <https://www.ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt/article/view/9124>
- [3] M. Khadafi., J. Jasman., Fadly, I. “Studi Penggunaan Plastik Hdpe (High Density Polyethylene) Pada Campuran Aspal Sebagai Bahan Pengikat Kostruksi Jalan,” *Jurnal Karajata Engineering*, Vol. 3, No. 2, hlm. 102-106. 2023. <http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/karajata/article/view/2309>
- [4] M. P. Putra., H. Hendrowidarto., H. Hamka. “Analisis Pemanfaatan Plastik Polystyrene (Ps) Sebagai Bahan Tambahan Aspal AC-WC Dan AC-BC Dengan Metode Marshall,” *Jurnal Karajata Engineering*, Vol. 3, No. 2, hlm. 91-95. 2023. Tersedia: <http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/karajata/article/view/2315>
- [5] M. R. Bakri. “Studi Karakteristik HRS-WC Menggunakan Pasir Sungai Balusu Kab. Barru,” *Jurnal Karajata Engineering*, Vol. 1, No. 1, hlm. 73-83. 2021. Tersedia: <http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/karajata/article/view/698>
- [6] R. Rachman. “Pemanfaatan Batu Gunung Bottomale Toraja Utara sebagai Campuran Laston,” *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, Vol. 6, No. 1, hlm. 20-30. 2020. Tersedia: <http://jurnal.utu.ac.id/jtsipil/article/view/2307>
- [7] O. G. Mandang., L. G. Lalamentik., J. E. Waani. “Kajian Penggunaan Agregat Batu Gunung Untuk Bahan Campuran AC (Studi Kasus Agregat Desa Molobog dan Desa Kakaskasen),” *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 7, No. 12. 2019. Tersedia: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/26133>
- [8] C. Pasilaputri., L. E. Radjawane. “Durabilitas Campuran AC-BC yang Menggunakan Batu Gunung Baba Kabupaten Tana Toraja,” *Paulus Civil Engineering Journal*, Vol. 3, No. 3, hlm. 361-367. 2021. Tersedia: <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej/article/view/239>
- [9] D. R. P. Bali. “Pengaruh Penggunaan Plastik Low Linear Density Poly Ethylene Sebagai Pengganti Sebagian Aspal Pengikat Terhadap Campuran Aspal Beton (AC-WC),” *Journal Of Civil Engineering Building and Transportation*, Vol. 4, No. 1, hlm. 1-10. 2020. Tersedia: <https://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt/article/view/3565>
- [10] M. Lubis. “Analisa Pengaruh Penambahan Belerang Pada Aspal AC-WC Terhadap Nilai Stabilitas dan Kelelahan Marshall,” *Journal of Civil Engineering Building And Transportation*, Vol. 2, No. 1, hlm. 20-27. 2018. Tersedia: <https://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt/article/view/1965>
- [11] S.P. Mandagi., T. K. Sendow., M. R. Manoppo. “Pemanfaatan Agregat Batu Gunung Desa Mopusi Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondouw Pada Campuran Aspal AC-WC,” *TEKNO*, Vol. 21, No. 83, hlm. 291-300. 2023. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/view/47255>
- [12] Direktorat Jenderal Bina Marga, (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Jakarta Indonesia: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018.
- [13] Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 06-2489-1991 tentang Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.