

Studi Karakteristik Evaluasi Volumetrik Marshall Campuran AC-BC Studi Kasus Material Agregat di Lawawoi Kab. Sidrap

Muharraran^{1*}, Rahmawati², Hendro Widarto³, Adnan⁴, Hamka⁵.

^{1,2,3,4,5}Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Parepare, Parepare, 91112, Indonesia

^{1*}Koresponding author:

Abstract, The condition of existing pavement layers in Sidenreng Rappang Regency is generally damaged before reaching the planned age. This study aims to evaluate volumetric marshall on aggregate performance in pavement mixtures and physical properties of aggregates. Experimental methods at the Road and Asphalt Laboratory of Muhammadiyah University of Parepare based on 2018 Bina Marga general specifications. The results of the research with volumetric marshall analysis the maximum stability value of 5.5% was 1469.78 kg and the minimum 4.5% was 1175.82 kg. The maximum VMA value of 6.5% was 16.21% and the minimum 4.5% was 14.25%. The maximum VIM value of 4.5% was 5.54% and the minimum of 6.5% was 3.13%. The maximum VFB value of 6.5% was 80.73% and the minimum of 4.5% was 61.13%. The maximum flow value of 5.5% was 3.67 mm and the minimum of 6% was 3.41 mm. The maximum marshall quotient value of 5.5% was 413.64 kg/mm and the minimum of 4.5% was 323.80 kg/mm. In stability, flow, marshall quotient and VMA have met the 2018 Bina Marga General specifications at asphalt levels of 4.5%, 5.0%, 5, 5%, 6%, and 6.5%. While the VIM and VFA values do not meet the specifications at 4.5% asphalt content. This shows that material quality affects the physical properties of aggregates in the performance of pavement mixtures.

Keywords: AC-BC; Volumetric Marshall; Aggregate; Asphalt content.

Abstrak, Kondisi lapis perkerasan jalan yang ada di Kabupaten Sidenreng Rappang pada umumnya mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi volumetrik *marshall* pada kinerja agregat dalam campuran perkerasan dan sifat-sifat fisik agregat. Metode eksperimental di Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga 2018. Hasil penelitian dengan analisa volumetrik *marshall* nilai stabilitas maksimum 5,5% sebesar 1469,78 kg dan minimum 4,5% sebesar 1175,82 kg. Nilai VMA maksimum 6,5% sebesar 16,21% dan minimum 4,5% sebesar 14,25%. Nilai VIM maksimum 4,5% sebesar 5,54% dan minimum 6,5% sebesar 3,13%. Nilai VFB maksimum 6,5% sebesar 80,73% dan minimum 4,5% sebesar 61,13%. Nilai *flow* maksimum 5,5% sebesar 3,67 mm dan minimum 6 % sebesar 3,41 mm. Nilai *marshall quotient* maksimum 5,5% sebesar 413,64 kg/mm dan minimum 4,5% sebesar 323,80 kg/mm. Pada stabilitas, *flow*, *marshall quotient* dan VMA telah memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 pada kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5, 5%, 6%, dan 6,5%. Sedangkan nilai VIM dan VFA tidak memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 4,5%. Hal ini menunjukkan mutu material berpengaruh terhadap sifat fisik agregat pada kinerja campuran perkerasan.

Kata kunci : AC-BC; Volumetrik Marshall; Agregat; Kadar aspal

PENDAHULUAN

Kondisi lapis perkerasan jalan di Sulawesi Selatan khususnya di daerah Kabupaten Sidenreng Rappang, baik jalan nasional maupun jalan propinsi sebagian besar mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana. Kondisi ini dapat diakibatkan oleh berbagai faktor, antara lain: proses pengerjaan, mutu material, beban lalu-lintas dan kondisi lingkungan. Mutu material pembentuk lapisan perkerasan jalan dalam hal ini campuran beton aspal lapis pengikat (Laston) atau Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) adalah salah satu faktor penentu kinerja lapis perkerasan jalan (AASTHO, 2003). Terutama agregat, mengingat persentase agregat dalam campuran perkerasan dapat mencapai 75-85% dari total volume campuran atau berkisar 90% dari total berat campuran (Shen et al., 2005).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sifat-sifat fisik agregat yang membentuk campuran perkerasan jalan dan mengevaluasi kinerja agregat dalam campuran lapisan aspal beton (Laston) digunakan analisa volumetrik marshall.yaitu agregat yang berasal dari daerah Lawawoi yaitu material agregat yang umumnya digunakan pada jalan di Kab. Sidenreng Rappang.

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan pada suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman. Jika temperatur mulai turun, aspal tersebut akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (bersifat termoplastis) (Sukirman, 2016).

Analisa Volumetrik Marshall (Waani, 2013), terhadap suatu campuran perkerasan adalah untuk melihat sifat-sifat fisik dan mekanik campuran perkerasan dan menghubungkannya dengan sifat-sifat fisik dari agregat yang membentuk campuran tersebut. Sifat fisik agregat yang akan ditinjau dalam analisa ini terutama adalah Gradasi, Berat jenis dan Penyerapan agregat terhadap aspal, Index kepipihan dan kebersihan agregat (Puslitbang Prasarana Transportasi, 2002).

LITERATUR REVIEW

Peningkatan nilai berat jenis bulk, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dan berat jenis efektif berdampak pada peningkatan nilai indirect tensile strength. Pada penyerapan air dengan rentang 1,80-3,11%, kemampuan campuran untuk menahan beban tarik semakin rendah seiring dengan semakin besarnya penyerapan air tersebut. Pada seluruh jenis dan komposisi agregat yang diujikan, semakin rendah tingkat keausan agregat menghasilkan nilai indirect tensile strength yang semakin tinggi. Secara umum karakteristik agregat berpengaruh kuat terhadap nilai indirect tensile strength (Yuniarti et al., 2023).

Penggunaan batuan dari dari Desa Ngares Kecamatan Trenggalek sebagai pengganti agregat kasar memenuhi Spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum (2018) dikarenakan hasil uji abrasi dibawah 40% batas maksimum benda uji dan memperoleh nilai keausan agregat 27 % untuk menekan tekanan deformasi karena telah memiliki nilai untuk semua parameter Marshall yaitu: VMA (17,26) ,VIM (4,091), VFB (65,238), Stabilitas(1981,62), Flow (2,83), Marshall qu0ntient (68,247). Sehingga agregat dari Desa Ngares Kabupaten Trenggalek baik digunakan dalam bahan campuran konstruksi bangunan maupun jalan raya (Fajar Agus Hariyadi, 2013).

Semakin besar ukuran agregat maksimum yang digunakan, semakin rendah nilai VIM, peningkatan VMA, peningkatan VFB, dan semakin besar MQ, semakin besar nilai ITS maka nilai kekakuan horizontal cenderung meningkat. Dalam sampel dengan ukuran maksimum 1 1/2 "(menggunakan 10% dari total ukuran 1"), stabilitas dan fluiditas meningkat, sedangkan pada sampel dengan ukuran agregat 5% 1 ", stabilitas dan fluiditas menurun Nilai kekakuan vertikal Untuk spesimen ukuran 1 1/2 "menggunakan

ukuran agregat 10%, sedangkan untuk ukuran agregat 1 1/2" menggunakan ukuran agregat 5% 1", nilai kekakuan vertikal meningkat Besar. Segi volume dan sifat mekaniknya, sampel 10% dengan ukuran agregat terbesar 1 1/2" dan kandungan agregat 1" menunjukkan kinerja terbaik (Farid, 2021).

Campuran asphalt concrete-binder course (AC-BC) dengan agregat limbah beton mutu $f'c$ 25 menghasilkan nilai MQ tertinggi yaitu 214,31 kg/mm pada kadar aspal 4%, 200,02 kg/mm pada kadar aspal 5%, 194,09 kg/mm pada kadar aspal 6%, 188,60 pada kadar aspal 7% dan 151,48 pada kadar aspal 8%. Campuran asphalt concrete-binder course (AC-BC) dengan agregat limbah beton mutu $f'c$ 35 menghasilkan nilai MQ 200,07 kg/mm pada kadar aspal 4%, 185,25 kg/mm pada kadar aspal 5%, 179,96 kg/mm pada kadar aspal 6%, 170,54 pada kadar aspal 7% dan 142,20 pada kadar aspal 8%. Campuran asphalt concrete-binder course (AC-BC) dengan agregat limbah beton mutu $f'c$ 45 menghasilkan nilai MQ terendah yaitu 176,29 kg/mm pada kadar aspal 4%, 173,55 kg/mm pada kadar aspal 5%, 165,55 kg/mm pada kadar aspal 6%, 152,74 pada kadar aspal 7% dan 130,14 pada kadar aspal 8% (Ansori, 2017).

KAO 6% untuk RCA 0%, KAO 6,4% untuk RCA 25%, dan KAO 6,5% untuk RCA 50%. Nilai IKS pada RCA 0%, 25%, dan 50% telah memenuhi spesifikasi yaitu diatas 90%. Nilai IDP dan IDK dengan setiap lama perendaman bernilai positif menandakan adanya kehilangan kekuatan pada campuran beraspal. Berdasarkan nilai IKS, IDP, IDK, durabilitas cenderung lebih baik pada penggunaan RCA 0% dan 25%, dibandingkan RCA 50% yang kurang baik dalam menahan pengaruh rendaman air (NINA SANTI ADIESTIA, 2023).

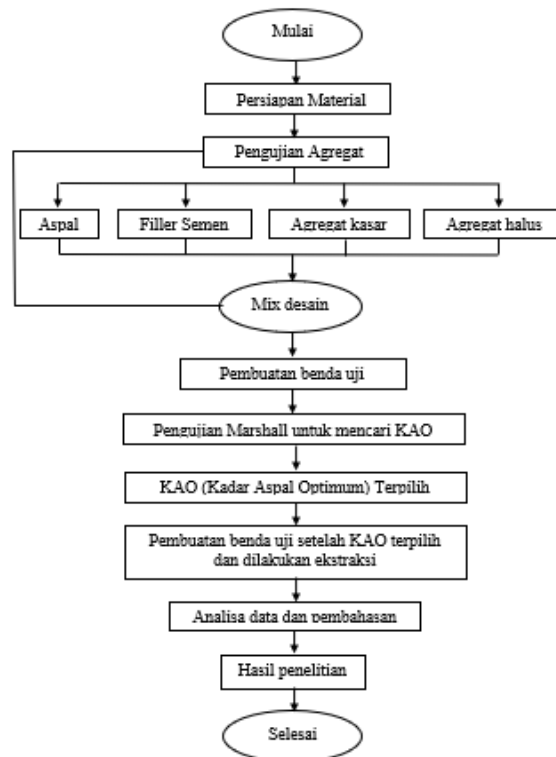
METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan jenis penelitian Laboratory Research terhadap kinerja campuran beraspal dengan material agregat menggunakan metode pengujian Marshall Test. Material aspal penetrasi 60/70. Perencanaan komposisi campuran mengikuti prosedur metode Bina Marga untuk Beton Aspal lapis pengikat (AC-BC).

A. Bahan

- Argegat halus dan Agregat kasar (Badan Standarisasi Nasional, 2004), yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat dari daerah Lawawoi (Crusher Alitta CV Alam Raya).
- Aspal (Badan Standarisasi Nasional, 2004), : Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70 produksi CV Anato Group, Pinrang, Sulawesi Selatan.
- Bahan pengisi (*filler*) (Departemen Pekerjaan Umum, 1998), Semen digunakan sebagai bahan utama *filler*. Semen yang digunakan adalah Semen *Portland* standart SNI.

B. Diagram Alir penelitian



Gambar 1. Bagan alir penelitian

C. Tahapan Penelitian

1. Tahapan pelaksanaan penelitian secara garis besar meliputi; Persiapan; Pengujian Material yaitu Perencanaan Campuran Aspal berdasarkan Metode Coba (*Trial Mixes*), Pembuatan Benda Uji, Pengujian *Marshall*; Mencari Kadar Aspal Optimum; Analisa Data dan Pembahasan; Kesimpulan dan Saran.
2. Pengujian agregat yang dilakukan meliputi: Prosedur pengujian analisa saringan mengacu pada (AASHTO T 27- 88, 1998) atau (SNI 03-1969-1990, 1990); Prosedur pengujian berat jenis dan penyerapan mengacu standar (SNI 03-1969-1990, 1990), (AASHTO T 85-74), 2012) untuk agregat kasar, (SNI 03-1969-1990, 1990), (AASHTO T 85-74), 2012) pemeriksaan agregat halus.



Gambar 2. Persiapan material

3. Prosedur pengujian marshall; Pengujian *marshall* dilakukan untuk mendapatkan Stabilitas dan Kelelahan (*Flow*) mengacu prosedur (SNI 06-2489-1991, 1991), (Bina Marga, 2003).



Gambar 3. Pengujian material

4. Perhitungan paramteter marshall (Misbah, 2017), (Asphalt Institute, 1993), (ASTM 1995) digunakan yaitu VIM, VMA, VFA, stabilitas *marshall*, flow (kelelahan), *marshall quotient* dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.

RESULT AND DISCUTION

A. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Hasil dari pengujian agregat ini harus sesuai dengan acuan Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 Revisi II.

Tabel 1. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

No	Perhitungan	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar				Spesifikasi	Satuan	Keterangan
		2-3	1-2	0,5-1	Abu batu			
1	Berat jenis bulk	2,585	2,553	2,540	2,517	Min 2,5	Gr	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan	2,615	2,598	2,592	2,547			Memenuhi
3	Berat jenis semu	2,665	2,674	2,680	2,594			Memenuhi
4	Penyerapan (absorption)	1,168	1,781	2,068	1,183	Maks 3	%	Memenuhi

Tabel 2. Hasil pengujian agregat kasar (abrasi) 500 putaran

Pengujian	Spesifikasi	Hasil Pengujian	Ket.
Keausan Agregat Kasar 1-2	Maks. 30 %	27,731 %	Memenuhi
Keausan Agregat Kasar 2-3		28,744 %	Memenuhi

Tabel 3. Hasil pengujian analisa saringan *filler*

Jenis Filler	Nomor Saringan	Ukuran Saringan	Spesifikasi	Hasil Penelitian
Semen	No. 200	0,075	Min. 75 %	99,1 %

Tabel 4. Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar

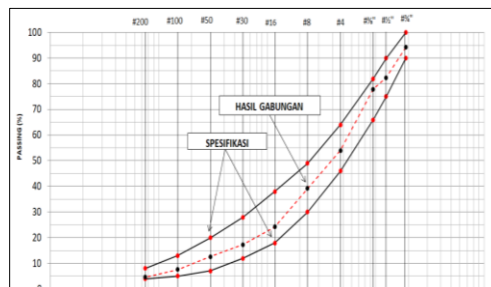
Saringan		Rata-rata Lolos %			
ASTM	(mm)	2-3	1-2	0,5-1	Abu batu
3/4	19	39,189	93,046	100,000	100,000
1/2	12,5	6,577	26,038	100,000	100,000
3/8	9,5	0,000	9,388	91,552	100,000
No. 4	4,75	0,000	0,600	7,184	100,000
No. 8	2,36	0,000	0,072	1,688	73,864
No. 16	1,18	0,000	0,072	0,484	45,340
No. 30	0,6	0,000	0,072	0,440	31,692
No. 50	0,3	0,000	0,072	0,384	22,474
No. 100	0,15	0,000	0,072	0,312	12,774
No. 200	0,075	0,000	0,072	0,312	6,838
PAN		0,000	0,000	0,000	0,000

B. Hasil Rancangan Campuran

1. Perhitungan persentase agregat dengan metode grafis

Tabel 5. Gradasi agregat gabungan

Saringan		Agg. 2/3	Agg. 1/2	Agg. 0.5/1	Abu Batu	Semen	8% Agg 2/3	13% Agg 1/2	27% Agg 0.5/1	51% Abu batu	1% filler	Total	Spek
ASTM	(mm)												
3/4"	19	39,19	93,02	100,00	100,00	100,00	3,135	12,092	27,000	51,000	1,000	94,228	90-
1/2"	12,5	6,58	25,82	100,00	100,00	100,00	0,080	3,357	27,000	51,000	1,000	82,437	75-90
3/8"	9,5	0,00	9,39	91,55	100,00	100,00	0,000	1,220	24,719	51,000	1,000	77,939	66-82
No.4	4,75	0,00	0,60	7,18	100,00	100,00	0,000	0,078	1,940	51,000	1,000	54,018	46-64
No.8	2,36	0,00	0,07	1,69	73,86	100,00	0,000	0,009	0,456	37,671	1,000	39,136	30-49
No.16	1,18	0,00	0,07	0,48	45,34	100,00	0,000	0,009	0,131	23,123	1,000	24,263	18-38
No.30	0,6	0,00	0,07	0,44	31,69	100,00	0,000	0,009	0,119	16,163	1,000	17,291	12-28
No.50	0,3	0,00	0,04	0,38	22,47	100,00	0,000	0,005	0,104	11,462	1,000	12,571	7-20
No.100	0,15	0,00	0,07	0,31	12,77	100,00	0,000	0,009	0,084	6,515	1,000	7,608	5-13
No.200	0,075	0,00	0,07	0,31	6,84	100,00	0,000	0,009	0,084	3,487	1,000	4,581	4-8
PAN		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

**Gambar 4.** Grafik hasil gradasi agregat gabungan

2. Komposisi campuran untuk variasi aspal

Variasi kadar aspal ditentukan menurut Depkimpraswil. Kadar aspal yang diperoleh dibulatkan menjadi 5,5 %. Jika kadar aspal tengah a % maka digunakan variasi (a – 1) %, (a -

0,5%), a%, (a + 1) % untuk mencari kadar aspal optimum dengan aspal tengah 6 % dibuat benda uji dengan 5 variasi kadar aspal yaitu : 4,5 %, 5,0 %, 5,5 %, 6,0 %, 6,5 %.

3. Perhitungan berat agregat

Tabel 6. Perhitungan berat agregat beton aspal AC-BC setiap variasi

Kadar Aspal rencana		4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%
total campuran		1200	1200	1200	1200	1200
Kebutuhan Aspal		54	60	66	72	78
Berat Agregat		1146	1140	1134	1128	1122
Abu Batu	51%	584,460	581,400	578,340	575,280	572,220
Agregat (0,5-1)	27%	309,420	307,800	306,180	304,560	302,940
Agregat (1-2)	13%	148,980	148,200	147,420	146,640	145,860
Agregat (2-3)	8%	91,680	91,200	90,720	90,240	89,760
Filler	1%	11,460	11,400	11,340	11,280	11,220
100%		1146	1140	1134	1128	1122
Berat Kumulatif Agregat						
Abu Batu		584,460	581,400	578,340	575,280	572,220
Agregat (0,5-1)		893,880	889,200	884,520	879,840	875,160
Agregat (1-2)		1042,860	1037,400	1031,940	1026,480	1021,020
Agregat (2-3)		1134,540	1128,600	1122,660	1116,720	1110,780
Filler		1146	1140	1134	1128	1122

C. Hasil Pemeriksaan Aspal

Pengujian Karakteristik aspal dilakukan untuk melihat kelayakan aspal yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji telah memenuhi persyaratan Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 atau belum.

Tabel 7. Hasil pengujian aspal

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Satuan	Ket.
1	Berat jenis aspal	1,028	$\geq 1,0$	gr/cc	Memenuhi
2	Titik lembek aspal	52,414	≥ 48	$^{\circ}\text{C}$	Memenuhi
3	Penetrasi pada 25 $^{\circ}\text{C}$	65,9	60-70	0,1 mm	Memenuhi
4	Kehilangan berat aspal	0,235	$\leq 0,8$	%	Memenuhi

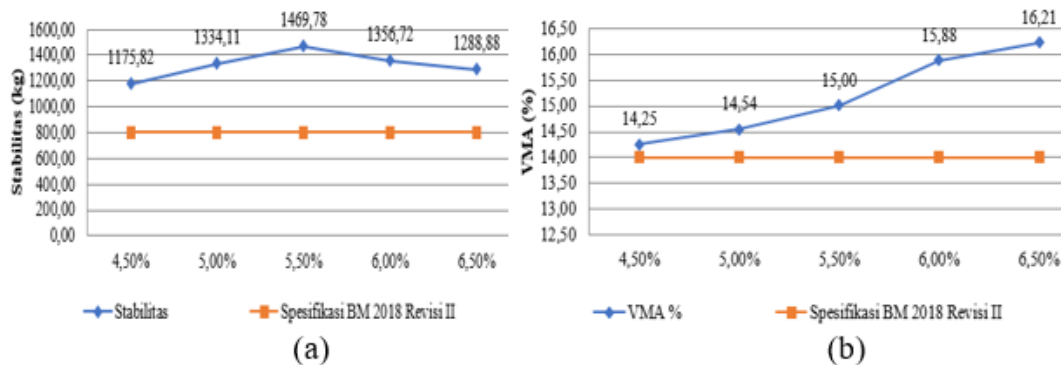
D. Hasil Pengujian Marshall

1. Stabilitas

Tabel 8. Hasil pengujian stabilitas, VMA, VIM, VFA, Flow, MQ, Kepadatan

Hasil Pengujian	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi		Ket
	4,5	5	5,5	6	6,5	Min	Maks	
Nilai Stabilitas (kg)	1175,82	1334,11	1469,78	1356,72	1288,88	800	-	Memenuhi
Nilai VMA (%)	14,25	14,54	15,00	15,88	16,21	14	-	Memenuhi
Nilai VIM (%)	5,54	4,72	4,08	3,88	3,13	3	5	4,5% tidak memenuhi
Nilai VFA (%)	61,13	67,60	72,81	75,56	80,73	65	-	Memenuhi
Nilai Flow (mm)	3,64	3,56	3,67	3,41	3,42	2	4	Memenuhi
Nilai MQ (kg/mm)	323,80	375,46	413,64	398,52	376,63	2	4	Memenuhi
Nilai Kepadatan (gr/m ³)	323,80	375,46	413,64	398,52	376,63	2	4	Memenuhi

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.



Gambar 5. Grafik hubungan kadar aspal dan (a) stabilitas; (b) VMA

Gambar 5 menunjukkan hubungan stabilitas dan kadaraspal, pada kadar aspal 4.5 % sampai dengan 6.5 % mengalami kenaikan dan penurunan. Dari grafik nilai stabilitas maksimum yaitu pada kadar aspal 5,5 % sebesar 1469,78 kg, dan nilai minimum yaitu pada kadar aspal 4.5 % sebesar 1175,82 kg. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai stabilitas minimum untuk lalu lintas berat yaitu 800 kg, sehingga semua kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan dilihat di tabel 8.

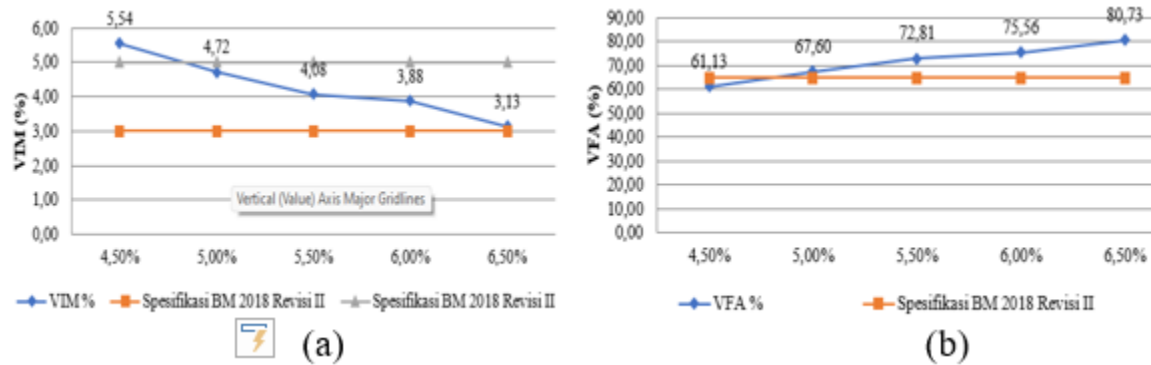
2. Rongga diantara agregat (VMA)

VMA (*void in mineral agregate*) merupakan kadar persentase ruang rongga diantara partikel agregat pada benda uji, besarnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan. Nilai terlalu kecil maka campuran bias mengalami masalah durabilitas dan nilai terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas.

Gambar 5, menunjukkan nilai VMA (*Void In Mineral Aggregate*) pada kadar aspal 4.5 % sampai dengan 6.5 %, yaitu sebesar 14,25 %, 14,54 %, 15,00 %, 15,88 %, dan 16,21 %. Nilai VMA maksimum pada kadar aspal 6.5 % sebesar 16,21 %, dan nilai minimum pada kadar aspal 4.5 % sebesar 14,25 %. Ditinjau dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VMA (*Void inMineral Aggregate*) minimal 14 %, jadi semua kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan dilihat di tabel 8.

3. Rongga terhadap campuran (VIM)

Jika nilai VIM (*Void In Mix*) yang terlampaui tinggi berkurangnya keawetan dari lapis keras karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapis perkerasan. Nilai VIM yang terlampaui rendah akan menyebabkan mudah terjadinya bleeding pada lapis keras. Gambar 6, menunjukkan hubungan VIM dan kadar aspal, pada kadar aspal 4.5 % sampai dengan 6.5 % mengalami penurunan dengan nilai VIM sebesar 5,54 %, 4,72 %, 4,08 %, 3,88 %, dan 3,13 %. Nilai VIM maksimum pada kadar aspal 4,5 % sebesar 5,54 %, dan nilai minimum pada kadar aspal 6,5 % sebesar 3,13 %. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai VIM (*Void In Mix*) minimum untuk lalu lintas berat yaitu 3 % sampai dengan 5 %. nilai VIM yang memenuhi persyaratan yaitu pada kadar aspal 5 % sampai dengan 6,5 %.



Gambar 6. Grafik hubungan kadar aspal dan (a) VIM; (b) VFA

4. Rongga terisi aspal (VFA)

VFA (*Void Filled with Asphalt*), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan. Nilai VFA berpengaruh terhadap kekedapan dan durabilitas campuran serta sangat dipengaruhi oleh kadar aspal campuran. Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama.

Gambar 6, menunjukkan hubungan VFA dan kadar aspal, pada kadar aspal 4.5 % sampai dengan 6.5 % mengalami kenaikan, dengan nilai VFA sebesar 61,13 %, 67,60%, 72,81 %, 75,56 %, dan 80,73 %. Nilai VFA maksimum pada kadar aspal 6,5 % sebesar 80,73 %, dan nilai minimum pada kadar aspal 4,5 % sebesar 61,13 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar aspal yang digunakan semakin meningkat nilai VFA.

Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VFA minimal 65 %. Nilai VFA yang memenuhi persyaratan yaitu pada kadar aspal 5 % sampai dengan 6,5%.

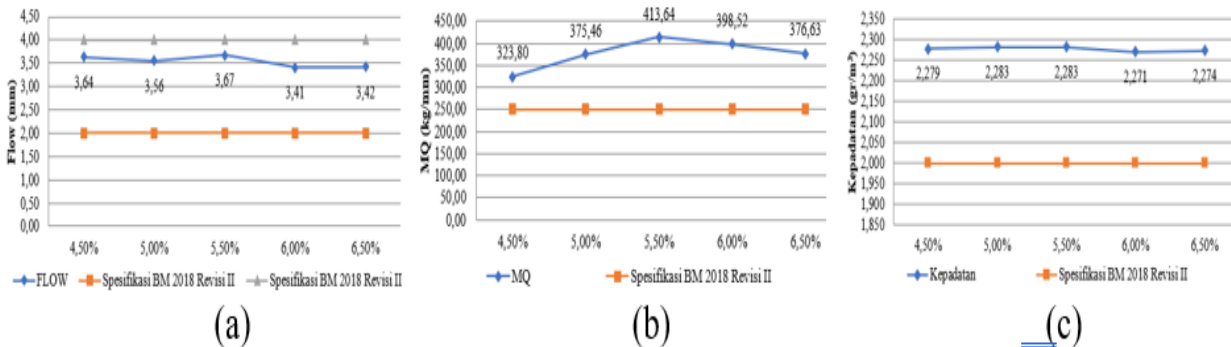
5. Flow

Besarnya deformasi vertical benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat Marshall yang lain seperti stabilitas, VIM dan VFA. Gambar 7, menunjukkan hubungan *flow* dan kadar aspal, pada kadar aspal 4,5 % sampai dengan 6,5 % mengalami kenaikan dan penurunan. Dari grafik nilai *flow* maksimum yaitu pada kadar aspal 5,5 % sebesar 3,67 mm dan nilai *flow* minimum yaitu pada kadar aspal 6 % sebesar 3,41 mm. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuansifat-sifat campuran laston nilai *flow* yang memenuhi persyaratan yaitu 2 mm– 4 mm, sehingga semua kadar aspal yang digunakan dalam penelitian.

6. Marshall quotient (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) yaitu dari hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan (*flow*) merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas komposisi campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* (QM) bertanda komposisi campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil *Marshall Quotient* (QM) maka perkerasannya semakin lentur. Jika nilai MQ yang terlalu rendah menunjukkan campuran terlalu fleksibel yang mengakibatkan perkerasan mudah berubah bentuk bila menahan beban lalu lintas. Hubungan antara MQ dengan kadar aspal dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini.

Gambar 7, menunjukkan hubungan *marshall quotient* dan kadar aspal, pada kadar aspal 4,5 % sampai dengan 6,5 % mengalami kenaikan dan penurunan. Dari grafik nilai MQ maksimum yaitu pada kadar aspal 5,5 % sebesar 413,64 kg/mm dan nilai MQ minimum yaitu pada kadar aspal 4,5 % sebesar 323,80 kg/mm. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai MQ yang memenuhi persyaratan yaitu minimal 250 kg/mm, sehingga semua kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan.



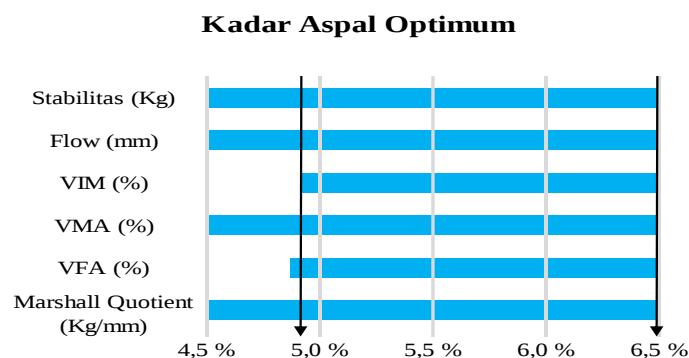
Gambar 7. Grafik hubungan kadar aspal dan (a) Flow; (b) Marshall Quotient; (c) Kepadatan

7. Kepadatan (*density*)

Kepadatan (*density*) merupakan berat campuran pada setiap satuan volume. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar serta kekedapan terhadap air dan udara yang tinggi. Berikut tabel kepadatan dapat di lihat sebagai berikut. Gambar 7, diperoleh nilai kepadatan terendah terhadap kasar aspal 6 % sebesar 2,271 gr/m³ sedangkan nilai kepadatan tertinggi terhadap pada kadar aspal 5 % sampai dengan 5,5 % yaitu 2,283 gr/m³. Sehingga menunjukkan bahwa *density* pada semua variasi memiliki nilai yang hampir sama.

E. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat tercapai mencapai persyaratan stabilitas, VMA, VIM, VFB, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ). 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.



Gambar 8. Diagram penentuan kadar aspal optimum

Gambar 8, menunjukkan nilai stabilitas, VMA, VIM, VFB, *flow*, dan *Marshall Quotient* 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 5,66 %.

Hasil evaluasi volumetrik marshall campuran AC-BC yang menggunakan agregat dari daerah Lawawoi Crusher Alitta CV. Alam Raya, sebagaimana yang terlihat dari nilai-nilai stabilitas, kelelahan, *marshall quotient* dan VMA telah memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II pada semua kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. Sedangkan nilai VIM dan VFA tidak memenuhi spesifikasi hanya pada kadar aspal 4,5 %. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh dari sifat-sifat fisik agregat yang digunakan dalam campuran terhadap karakteristik campuran perkerasan.

CONCLUSION

Dari hasil penelitian penggunaan agregat ([Asphalt Institute, 1993](#)) dari daerah Lawawoi Crusher Alitta CV. Alam Raya pada campuran aspal AC-BC, disimpulkan ;

1. Analisa volumetrik *marshall* pada campuran aspal beton AC – BC menunjukkan bahwa

- nilai stabilitas maksimum pada kadar aspal 5,5% sebesar 1469,78 kg dan minimum pada kadar aspal 4,5% sebesar 1175,82 kg.
- Nilai VMA maksimum pada kadar aspal 6,5% sebesar 16,21% dan minimum pada kadar aspal 4,5% sebesar 14,25%.
- Nilai VIM maksimum pada kadar aspal 4,5% sebesar 5,54% dan minimum pada kadar aspal 6,5% sebesar 3,13%.
- Nilai VFB maksimum pada kadar aspal 6,5% sebesar 80,73% dan minimum pada kadar aspal 4,5% sebesar 61,13%.
- Nilai *flow* maksimum pada kadar aspal 5,5% sebesar 3,67 mm dan minimum pada kadar aspal 6 % sebesar 3,41 mm.
- Nilai *marshall quotient* maksimum pada kadar aspal 5,5% sebesar 413,64 kg/mm dan minimum pada kadar aspal 4,5% sebesar 323,80 kg/mm.
- Diperoleh melalui volumetrik *marshall* dengan hasil Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah 5,66 %;
- Sifat – sifat fisik agregat diantaranya berat jenis kering permukaan $2,59 > 2,5$, berat jenis SSD $2,62 > 2,5$, berat jenis semu $2,67 > 2,5$ dan penyerapan $1,17\% < 3\%$.
- Hasil keausan atau abrasi agregat kasar adalah $28,74\% < 40\%$.
- Dengan gradasi agregat gabungan yang berada diantara batas atas dan batas bawah spesifikasi, hasil pada saringan 3/4": 94,23, 1/2": 82,44, 3/8": 77,94, no. 4: 54,02, no. 8: 39,14, no. 16: 24,26, no. 30: 17,29, no. 50: 12,57, no. 100: 7,61, no. 200: 4,58.

- Dapat disimpulkan bahwa nilai-nilai stabilitas, kelelahan, *marshall quotient* dan VMA telah memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II pada semua kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5, 5%, 6%, dan 6,5%.
2. Sedangkan nilai VIM dan VFA tidak memenuhi spesifikasi (ASTM 1995), (Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018)) hanya pada kadar aspal 4,5 %. Hal ini menunjukkan mutu material agregat berpengaruh terhadap sifat-sifat fisik agregat yang digunakan dalam campuran terhadap karakteristik campuran perkerasan.

REFERENSI

- (AASHTO T 85-74). (2012). *Specific Gravity of Coarse Aggregate*. Aashto, 1–8.
- AASHTO T 27- 88. (1998). *Sieve Analysis of Coarse and Fine Aggregates*. *Asphalt Materials and Mix Design Manual*, 2, 19–24. <https://doi.org/10.1016/b978-0-8155-1425-1.50010-0>
- AASHTO. (2003). *1993 Aashto Pavement Design*. Evaluation, October 2001.
- Ansori, A. B. (2017). Pengaruh Mutu Limbah Beton Sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar Pada Kualitas Campuran Asphalt Concrete-Binder Coarse (Ac-Bc). *Jurnal Konstruksia*, Vol 9, No 1 (2017): *Jurnal Konstruksia* Vol 9 No. 1 Tahun 2017, 1–14. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konstruksia/article/view/2483>
- Asphalt Institute, 1993. *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot- mix Type*. Lexington, Kentucky, USA: Annual Series No. 2.
- ASTM 1995. (n.d.). *Annual Book of American Society for Testing Materials Standard*. USA.
- Badan Standarisasi Nasional, 2004. (n.d.). *Campuran bersapal Panas*. Buku I dan II.
- Bina Marga. (2003). *Rсни M- 01-2003. Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas Dengan Alat Marshall*, 1–18.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1998. (n.d.). *Spesifikasi Umum Untuk Jalan dan Jembatan*, Direktorat Bina Marga.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). (n.d.). *Spesifikasi Umum Bidang Direktorat Jenderal Bina Marga Edisi 2018 Revisi 2 Divisi 6*. Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia..
- Fajar Agus Hariyadi. (2013). PENGARUH NILAI KARAKTERISTIK AGREGAT TERHADAP LAPISAN AC BC MENGGUNAKAN BATUAN DARI DESA NGARES KABUPATEN TRENGGALEK , Jurusan teknik sipil fakultas teknik universitas andalas 2013.
- Farid, M. (2021). Pengaruh Ukuran Maksimum Agregat terhadap Kinerja Campuran Lapis Aspal Beton (Laston). *Syntax Literate ; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 6(1), 321. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v6i1.2285>
- Kerbs, Robert D. and Walker, Richard D. (1971). *Highway Material*. Mc. Graw Hill Book Company. Virginia, USA.
- Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, 2015, *Diktat Pedoman Praktikum Aspal dan Jalan Raya*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Misbah, M. (2017). Pengaruh Variasi Kadar Agregat Halus Terhadap Nilai Karakteristik Campuran Panas Aspal Agregat (Ac-Bc) Dengan Pengujian *Jurnal Teknik Sipil Itp*, 41–48.

<https://ejournal.itp.ac.id/index.php/tsipil/article/view/838>

- NINA SANTI ADIESTIA, 2023. (2023). PENGARUH PENGGUNAAN RECYCLED CONCRETE AGGREGATES (RCA) TERHADAP DURABILITAS CAMPURAN AC-WC. *International Journal of Technology*, 47(1), 100950. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.01.002><https://doi.org/10.1016/j.cstp.2023.100950><https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2021.04.007><https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102816><https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.03.015><https://doi.org/10.1016/j.eastsj.2020.03.015>
- Puslitbang Prasarana Transportasi, 2002. (n.d.). *Campuran Beraspal Panas dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*. Bandung.
- Shen, D.-H., Kuo, M.-F., & Du, J.-C. (2005). Properties of gap-aggregate gradation asphalt mixture and permanent deformation. *Construction and Building Materials*, 19(2), 147–153. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2004.05.005>
- SNI 03-1969-1990. (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional, 1–17.
- SNI 06-2489-1991. (1991). *Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall*. Badan Standardisasi Nasional, 1, 7.
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*. In Institut Teknologi Nasional.
- Waani, J. E. (2013). Evaluasi Volumetrik Marshall Campuran AC-BC (Studi Kasus Material Agregat di Manado dan Minahasa). *Jurnal Teknik Sipil*, 20(1), 67. <https://doi.org/10.5614/jts.2013.20.1.8>
- Yuniarti, R., Widiyanti, D., Hasyim, H., Mahendra, M., Alit Karyawan, I. D. M., & Salsabila, F. F. (2023). Pengaruh Karakteristik Agregat Terhadap Nilai Indirect Tensile Strength Pada Campuran Laston. *Spektrum Sipil*, 10(1), 29–38. <https://doi.org/10.29303/spektrum.v10i1.299>