



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 7882-7896

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Batu Apung Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)

Muhammad Arif Azhari¹, Tri Sefrus², Meilani Belladona³

^{1,2,3}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institusi Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH

¹arifazhari1212@gmail.com, ²sefrus.tri@gmail.com, ³brilian.tvas@vmail.com

Abstrak

Aspal merupakan bahan utama dalam konstruksi jalan raya yang sangat menentukan kualitas, kekuatan, dan daya tahan infrastruktur jalan. Peningkatan pembangunan jalan menyebabkan kebutuhan aspal semakin tinggi, sehingga penggunaan filler konvensional seperti batu kapur dan semen juga meningkat. Oleh karena itu, diperlukan alternatif bahan pengganti yang lebih berkelanjutan melalui pemanfaatan material lokal sebagai bahan modifikasi campuran aspal. Provinsi Bengkulu memiliki potensi sumber daya alam berupa batu apung, yaitu batuan vulkanik berpori yang memiliki kandungan silika (SiO_2) sebesar 70,21% dan alumina (Al_2O_3) sebesar 13,63%, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian filler pada campuran aspal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu batu apung sebagai pengganti filler pada campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) terhadap karakteristik campuran aspal. Persentase penggantian filler yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 1%, 1,25%, 1,5%, 1,75%, dan 2%. Metode yang digunakan adalah metode Marshall dengan tahapan pengujian meliputi pengujian berat jenis, gradasi agregat, komposisi agregat, berat jenis campuran maksimum, serta perhitungan parameter Marshall seperti stabilitas dan flow. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai stabilitas meningkat seiring penambahan abu batu apung, dengan nilai stabilitas tertinggi pada persentase 2% dan terendah pada 1%. Sementara itu, nilai flow tertinggi diperoleh pada persentase 1% dan terendah pada 2%. Berdasarkan hasil analisis, persentase penggantian filler optimum diperoleh pada kadar 1,75%. Hasil ini menunjukkan bahwa batu apung lokal berpotensi dimanfaatkan sebagai filler alternatif pada campuran AC-WC, meskipun karakteristik batu apung dapat berbeda pada setiap daerah tergantung asal vulkaniknya.

Kata Kunci: Batu Apung, AC-WC, Uji Marshall, Filler

1. Latar Belakang

Perkerasan jalan adalah salah satu hal yang paling penting untuk menunjang kelancaran transportasi untuk menciptakan rasa nyaman dan aman bagi para pengguna jalan. Melihat peningkatan mobilitas penduduk yang tinggi, maka di perlukan peningkatan kualitas pembangunan prasarana transportasi jalan yang kuat serta tahan lama. Pertumbuhan volume lalu lintas yang meningkat memberikan dampak terhadap permintaan akan pembangunan struktur perkerasan jalan dan penggunaan material yang digunakan. Untuk menghasilkan konstruksi jalan yang baik, maka diperlukan material pembentuk jalan yang mempunyai mutu yang tinggi (Hadi, 2024). Fokus utama pembangunan di era modern adalah infrastruktur, dengan jalan raya sebagai salah satu yang terpenting. Jalan raya yang baik meningkatkan konektivitas dan mobilitas masyarakat. Aspal, bahan utama jalan raya, sangat penting untuk infrastruktur berkualitas dan tahan lama. Tapi, tingginya kebutuhan aspal juga meningkatkan penggunaan filler konvensional seperti batu kapur dan semen. Batu kapur dan semen adalah sumber daya alam yang tidak terbarukan dan bisa langka di masa depan (Nadhifah & Mahardi, 2025).

Salah satu solusi untuk mengatasi kelangkaan ini adalah memodifikasi aspal dengan bahan pengganti sebagian aspal atau filler. Filler merupakan salah satu bahan yang memiliki fungsi penting, yaitu sebagai pengisi rongga-rongga dari campuran aspal (Dwijayanti et al., 2024). Selain itu filler juga memiliki fungsi lain yaitu sebagai media untuk pelumasan aspal terhadap permukaan agregat. Bahan filler yang umum digunakan adalah jenis filler semen portland, kapur, debu sisa pemecahan batuan (baghouse dust) dan abu terbang yang lolos saringan no. 200 yang telah disyaratkan. Penggunaan portland cement sebagai bahan tambahan filler sangat baik, namun menjadikan produk ini lebih mahal (Ketut et al., 2025). Sedangkan penggunaan abu batu halus perlu dibatasi oleh karena efek negatif yang ditimbulkan oleh adanya gumpalan kapur yang bersifat hidroskopis. Batu apung adalah batuan vulkanik berpori yang mengandung proporsi yang signifikan untuk silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3), juga memiliki kandungan zat besi yang rendah. Berdasarkan hasil analisis kimia, persentase batu apung didominasi oleh komponen SiO_2 dan Al_2O_3 masing-masing sebesar 48% dan 14,9% (Trianasari et al., 2017). Selain itu

menurut (Rangga, 2023), menyatakan bahwa batu apung juga memiliki kandungan SiO₂ dan Al₂O₃ masing-masing sebesar 70,21% dan 13,63%. Selain komponen tersebut, terdapat juga komponen lain, seperti MgO, Na₂O, CaO, Fe₂O₃, K₂O, dan lain-lain (Gutama, 2023). Provinsi Bengkulu merupakan wilayah yang melimpah dengan kandungan batu apung. Pemanfaatan batu apung telah digunakan sebelumnya dengan dicampurkan aspal dengan judul penelitian “analisis pengaruh penggunaan abu batu apung sebagai pengganti filler untuk campuran aspal”.

Penelitian lain menggunakan aspal campuran abu batu apung diaplikasikan terhadap campuran AC-WC dengan judul penelitian “analisis pengaruh penggunaan abu batu apung sebagai pengganti filler untuk campuran aspal panas (AC-WC) dan perendaman berulang”. Kedua penelitian tersebut menunjukkan stabilitas campuran mengalami peningkatan (Kumalawati, 2013). Upaya dalam meningkatkan perkerasan jalan banyak peneliti mencari material tambahan (aditif) atau material pengganti (*substitute*) ke dalam campuran. Abu batu apung akan digunakan dalam penelitian ini sebagai pengganti sebagai filler untuk mengkaji karakteristik serta kinerja pada campuran aspal panas AC-WC berdasarkan parameter Marshall. Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan abu batu apung sebagai pengganti filler pada campuran aspal.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH Bengkulu, dengan pengambilan sampel agregat di Desa Suka Medan, Kecamatan Putri Hijau, Kabupaten Bengkulu Utara. Data penelitian terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui pengujian laboratorium terhadap agregat dan aspal, termasuk analisis saringan, pemeriksaan keausan agregat, berat jenis agregat, pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala dan titik bakar aspal, kadar aspal optimum, serta uji Marshall pada variasi penggunaan abu batu apung sebagai filler. Data sekunder diperoleh dari literatur terkait konstruksi jalan dan standar nasional Indonesia (SNI).

Prosedur penelitian meliputi penyiapan material, pemeriksaan karakteristik bahan, pembuatan benda uji, perawatan, dan pengujian sesuai standar SNI. Agregat diuji berat jenis, penyerapan air, dan keausan menggunakan mesin Los Angeles, sedangkan aspal diuji berat jenis, penetrasi, titik lembek, serta titik nyala dan bakar. Benda uji AC-WC dibuat dengan mencampur aspal dengan agregat kasar, medium, halus, dan abu batu apung, kemudian dituangkan ke cetakan, dilakukan penumbukan sesuai prosedur, dan didiamkan hingga suhu ruang.

Pengujian Marshall dilakukan dengan merendam benda uji pada suhu konstan, kemudian dibebani dengan alat Marshall untuk mengukur stabilitas (*stability*) dan alir (*flow*) (Muldiyanto, 2017). Seluruh proses dilakukan dengan memperhatikan ketelitian pengukuran dan kondisi bahan agar sesuai dengan standar dan menghasilkan data yang representatif mengenai pengaruh abu batu apung sebagai filler pada campuran AC-WC.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Pengujian Agregat

Dari hasil pengujian Agregat adalah serangkaian pengujian dengan agregat untuk mengetahui nilai mengenai sifat agregat tersebut dengan melakukan pengujian. 4.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Simbol	Uji 1	Uji 2	Rata-rata	Satuan
Berat benda uji kering oven	Bk	300.5	284.6		gram
Berat Piknometer + air	B	653	645.6		gram
Berat benda uji kondisi SSD	Bs	308	292		gram
Berat piknometer +					
benda uji kondisi SSD + air	Bt	838.5	850.8		gram
Berat jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	BJ	2.45	3.28	2.87	
BJ kering permukaan jenuh (SSD)	BJk	2.51	3.36	2.94	
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	BJs	2.61	3.58	3.1	
Penyerapan (<i>Absorption</i>)		2.5	2.6	2.55%	

Hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat medium dapat dilihat pada tabel dibawah ini.
Tabel 2 Hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat medium

Jenis Pemeriksaan	Simbol	Uji 1	Uji 2	Rata-rata	Satuan
Berat benda uji kering oven	Bk	239.4	238.9		gram
Berat Piknometer + air	B	654	649.3		gram
Berat benda uji kondisi SSD	Bs	242	246.9		gram
Berat piknometer + benda uji kondisi SSD + air	Bt	824.9	813.6		gram
Berat jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	BJ	3.37	2.89	3.13	
BJ kering permukaan jenuh (SSD)	BJk	3.4	2.99	3.2	
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	BJs	3.49	3.2	3.35	
Penyerapan (<i>Absorption</i>)		1.09	3.35	2.22	%

3.1.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.
Tabel 3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Jenis Pemeriksaan	Simbol	Uji 1	Uji 2	Rata-rata	Satuan
Berat benda uji kering oven	Bk	200.7	201.1		gram
Berat Piknometer + air	B	649.3	649.3		gram
Berat benda uji kondisi SSD	Bs	205.5	205.5		gram
Berat piknometer + benda uji kondisi SSD + air	Bt	784.5	766		gram
Berat jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	BJ	2.85	2.26	2.56	
BJ kering permukaan jenuh (SSD)	BJk	2.92	2.31	2.62	
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	BJs	3.06	2.38	2.72	
Penyerapan (<i>Absorption</i>)		2.39	2.19	2.29	%

3.1.2 Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui angka keausan agregat yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen, hasil perhitungan keausan agregat dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi *Los Angeles*

Benda Uji		500 Putaran	
Saringan		Berat Sebelum (gr)	Berat Sesudah (gr)
Lewat	Tertahan		
50,8 mm (2 ")	37,5 mm (1 ½ ")	-	-
37,5 mm (1 ½ ")	25,4 mm (1 ")		-
25,4 mm (1 ")	19,0 mm (¾ ")	-	
19,0 mm (¾ ")	12,5 mm (½ ")	2500	-
12,5 mm (½ ")	9,5 mm (⅜ ")	2500	-
9,5 mm (⅜ ")	6,3 mm (¼ ")	-	-
6,3 mm (¼ ")	4,75 mm (no.4)	-	-
Jumlah Berat		5000	-
Berat Tertahan Saringan No. 12			3896
Nilai Keausan (Syarat ≤ 40%)			22,08%

3.1.3 Pengujian Analisa Saringan

Pada penelitian ini dilakukan tiga pengujian benda uji, yaitu pengujian analisa saringan agregat kasar, pengujian analisa saringan agregat medium dan pengujian analisa saringan agregat halus. Hasil dari pengujian pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel.5 dibawah ini.

Tabel 5 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasar (Ca).

No. Saringan	Berat tertahan (gram)	Persen tertahan (%)	Persen tertahan Komulatif (%)	Persen lolos berat lebih kecil kumulatif (%)
3/4"	0	0	0	100
1/2"	83.7	8.37	8.37	91.63
3/8"	341.9	34.19	42.56	57.44
4	273.5	27.35	69.91	30.09
8	133.6	13.36	83.27	16.73
16	78.6	7.86	91.13	8.87
30	37.1	3.71	94.84	5.16
50	23.8	2.38	97.22	2.78
100	8.1	0.81	98.03	1.97
200	11.4	1.14	99.17	0.83
pan	8.3	0.83	100	0
Total	1000	100		


Tabel 6 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Medium (Ma).

No. Saringan	Berat tertahan (gram)	Persen tertahan (%)	Persen tertahan Komulatif (%)	Persen lolos berat lebih kecil kumulatif (%)
3/4"	0	0	0	100
1/2"	23.5	2.35	2.35	97.65
3/8"	75.1	7.51	9.86	90.14
4	174.7	17.47	27.33	72.67
8	359.2	35.92	63.25	36.75
16	185.4	18.54	81.79	18.21
30	109.6	10.96	92.75	7.25
50	42.6	4.26	97.01	2.99
100	17.4	1.74	98.75	1.25
200	9	0.9	99.65	0.35
pan	3.5	0.35	100	0
Total	1000	100		

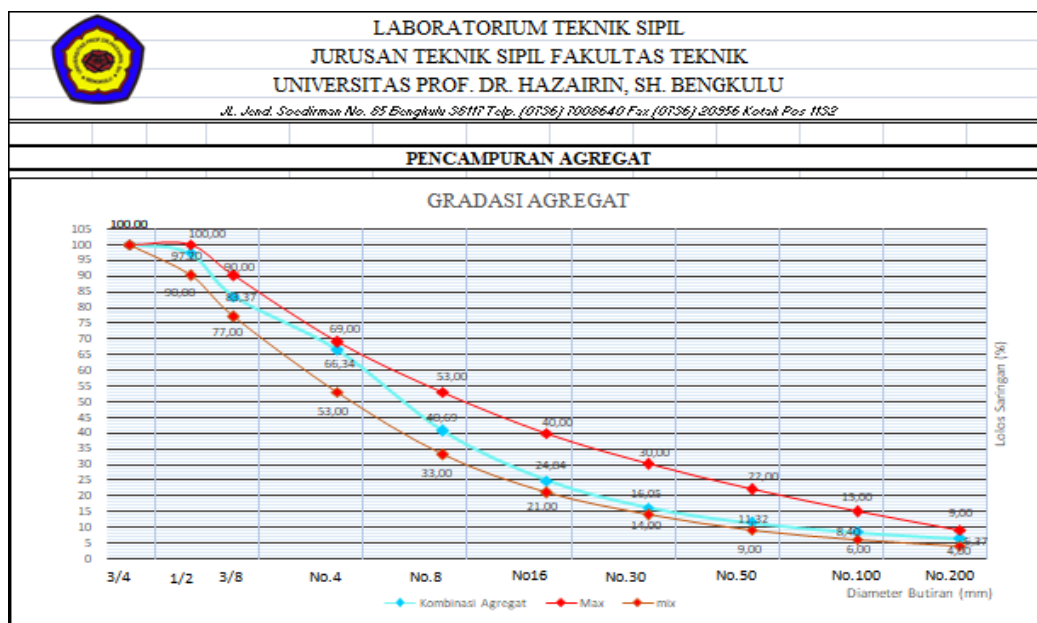
Tabel 7 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus (Fa)

No. Saringan	Berat tertahan (gram)	Persen tertahan (%)	Persen tertahan Komulatif (%)	Persen lolos berat lebih kecil kumulatif (%)
3/4"	0	0	0	100
1/2"	0	0	0	100
3/8"	75.7	7.57	7.57	92.43
4	123.9	12.39	19.96	80.04
8	288.4	28.84	48.8	51.2
16	208	20.8	69.6	30.4

30	114.3	11.43	81.03	18.97
50	71.4	7.14	88.17	11.83
100	55	5.5	93.67	6.33
200	36.8	3.68	97.35	2.65
pan	26.5	2.65	100	0
Total	1000	100		

 LABORATORIUM TEKNIK SIPIL JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PROF. DR. HAZAIRIN, SH. BENGKULU <small>Jl. Jend. Soedirman No. 85 Bengkulu 38117 Telp. (0736) 7008640 Fax (0736) 20956 Kotak Pos 1132</small>											
PENCAMPURAN AGREGAT											
URAIAN	UKURAN										
	3/4'	1/2'	3/8'	No.4	No.8	No.16	No.30	No.50	No.100	No.200	
Inc mm	19	12.7	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.149	0.075	
Data Material											
Agregat 1,0-2,0	100.00	91.63	57.44	30.09	16.73	8.87	5.16	2.78	1.97	0.83	
Agregat 0,5-1,0	100.00	97.65	90.14	72.67	36.75	18.21	7.25	2.99	1.25	0.35	
Abu Batu 0-0,5	100.00	100.00	92.43	80.04	51.20	30.40	18.97	11.83	6.33	2.65	
Filler Cement	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
Komposisi Campuran											
Agregat 1,0-2,0	25%	25.00	22.91	14.36	7.52	4.18	2.22	1.29	0.70	0.49	0.21
Agregat 0,5-1,0	30%	30.00	29.30	27.04	21.80	11.03	5.46	2.18	0.90	0.38	0.10
Abu Batu 0-0,5	40%	40.00	40.00	36.97	32.02	20.48	12.16	7.59	4.73	2.53	1.06
Filler Cement	5%	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Total Campuran	100%	100.00	97.20	83.37	66.34	40.69	24.84	16.05	11.32	8.40	6.37
Spec. gradasi											
Max	100.00	100.00	90.00	69.00	53.00	40.00	30.00	22.00	15.00	9.00	
Komposisi Campuran	MEMENUHI	MEMENUHI	MEMENUHI	MEMENUHI	MEMENUHI	MEMENUHI	MEMENUHI	MEMENUHI	MEMENUHI	MEMENUHI	
Mix	100.00	90.00	77.00	53.00	33.00	21.00	14.00	9.00	6.00	4.00	

Gambar 4. 1 Hasil Kombinasi Agregat Standar
 (Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)



Gambar 4. 2 Grafik Gradasi Campuran Agregat
 (Sumber: Pengolahan Data Penelitian Menggunakan Microsoft Excel, 2024)

3.2 Pengujian Aspal

3.2.1 Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

Pengujian penetrasi bahan-bahan bitumen ini menggunakan cara pemeriksaan PA.0301-76 yang dalam hal ini digunakan penetrasi 60/70 dengan nilai minimum 60 dan maksimum 70.

Tabel 8 Hasil Penetrasi Aspal 60/70

Penetrasi pada suhu 25°C	Pemeriksaan I	Pemeriksaan II	Keterangan
1	65	66	
2	65	68	
3	64	64	
4	64	63	
5	67	70	
Rata-rata	65	66.2	65.6

3.2.2. Pengujian Berat Jenis Aspal

Aspal merupakan material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Aspal bersifat termoplastis untuk kebutuhan konstruksi perkerasan lentur dibutuhkan 4-10% berat atau 10-15% volume (Pratomo & Ali, 2015). Komposisi aspal terdiri dari *Asphaltenes* dan *Maltenes*. *Maltenes* merupakan cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oils*. *Asphaltenes* merupakan material yang tidak larut dalam Heptane sedangkan Resins adalah cairan yang memberikan sifat adhesi dari aspal dan merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang (Widayanti, 2020). Pemeriksaan berat jenis aspal di laboratorium (*Specific Gravity Test*) adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu (25°C atau 15,6°C) dengan prosedur pemeriksaan mengikuti PA.0307-76 atau AASHTO T228-79. Hasil pemeriksanan berat jenis aspal dapat dilihat pada tabel 9 dibawah ini:

Tabel 9 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis

Pengujian	Benda Uji I (Gram)	Benda Uji II (Gram)	Rata-Rata
Berat Piknometer + air (B)	362,80	368,70	365,75
Berat Piknometer (A)	166,50	166,50	166,50
Berat air (isi Piknometer) (C=B-A)	196,30	202,20	199,25
Berat Piknometer + contoh (D)	225,70	230,40	228,05
Berat Piknometer (A)	166,50	166,50	166,50
Berat contoh (E = D - A)	59,20	63,90	61,55
Berat Piknometer + air + contoh (F)	370,00	373,30	371,65
Berat Piknometer + contoh (D)	225,70	230,40	228,05
Berat air (G = F - D)	144,30	142,90	143,60
Isi Bitumen (I = C - G)	52,00	59,30	55,65
Berat jenis bitumen (H = E / I)	1,14	1,08	1,11

(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNHAZ, 2024)

3.3.3 Pengujian Titik Lembek Aspal

Hasil pengujian titik lembek aspal dapat dilihat pada tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 10 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal

No	Suhu (°C)	Waktu (detik)		Titik Lembek (°C)		KET
		I	II	I	II	
1.	30	"00'00"00"	"00'00"00"			
2.	35	"05'15"70"	"05'15"70"			
3.	40	"09'15"22"	"09'15"22"			
4.	45	"14'36"15"	"14'36"15"			
5.	50	"17'08"80"	"17'08"80"			
6.	55	"18'28"60"	"18'28"60"	52		53 °C

7.	60	"19'52"12"	"19'52"12"	54
----	----	------------	------------	----

(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

Dari perhitungan diatas nilai rata-rata titik lembek aspal adalah 53 °C.

3.3.4 Pengujian Titik Nyala Aspal

Titik nyala dan titik bakar perlu diketahui untuk memperkirakan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar. Hasil dari pengujian titik lembek dapat dilihat pada tabel 11 dibawah ini.

Tabel 11 Hasil Pengujian Titik Nyala Aspal

°C dibawah titik nyala	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Titik nyala	Keterangan
46		215		
51		210		
56		205		
41		220		
36		225		
37		230		
38		235		
39		240		
40	31	245	245 °C	
41		250		
42		255		

(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

3.3. Pengujian Marshall

Pengujian *marshall* dilakukan untuk mengetahui stabilitas dan kelelahan (*Flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk.

3.3.1. Kadar Aspal Optimum

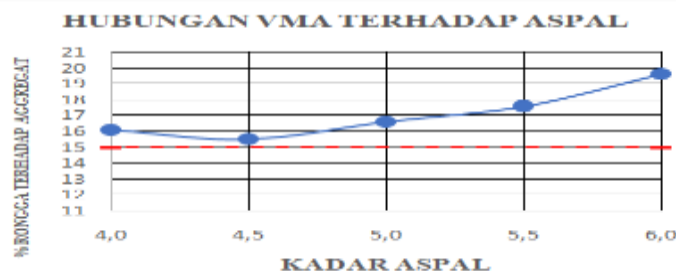
Pengujian yang dilakukan untuk menentukan Kadar Aspal Optimum dari campuran AC-WC yang telah memenuhi persyaratan parameter marshall dapat dilihat dibawah ini :

- 4,0% x 1200 = 48 gram
- 4,5% x 1200 = 54 gram
- 5,0% x 1200 = 60 gram
- 5,5% x 1200 = 66 gram
- 6,0% x 1200 = 72 gram

Dalam menentukan kadar aspal optimum (KAO) pada campuran aspal Laston AC-WC menggunakan parameter karakteristik *marshall* standar (Wardana, 2023). Pembahasan hasil pengujian marshall standar untuk menentukan KAO diantaranya terdiri dari *Void Mineral Agregat (VMA)*, *Void Filled Asphalt (VFA)*, *Void In the Mix (VIM)*, *Stabilitas*, *Flow (Kelelahan)*, dan *Marshall Quotien (MQ)*, yang akan dibahas sebagai berikut.

3.3.2 Void Mineral Agregat (VMA)

Void Mineral Agregat (VMA) merupakan jumlah pori butir-butir agregat aspal padat antara rongga udara yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume (Sulandari, 2024). Berikut ini nilai *Void Mineral Agregat (VMA)* pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3 Hubungan VMA Terhadap Kadar Aspal

(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

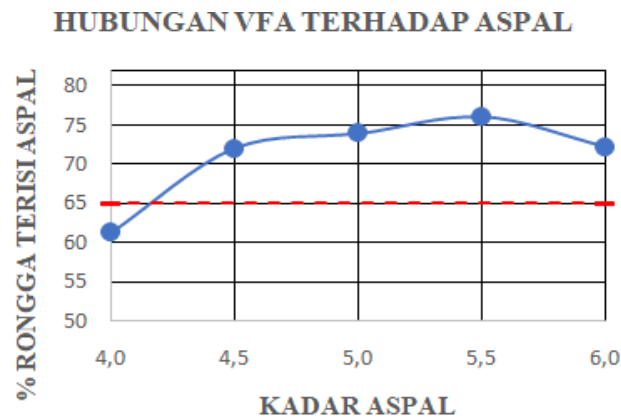
DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i1.7198>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Berdasarkan gambar 4.3 diperoleh nilai VMA yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar ≥ 15 .

3.3.3. Void Filled Asphalt (VFA)

Void Filled Asphalt (VFA) merupakan persentase yang didapat dari VMA yang telah terisi oleh aspal yaitu rongga terisi aspal, tidak termasuk kedalam aspal yang diserap oleh agregat melainkan menyelimuti butir-butir agregat dalam campuran (Putra & Destania, 2023). Berikut ini nilai *Void Filled Asphalt* (VFA) pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.

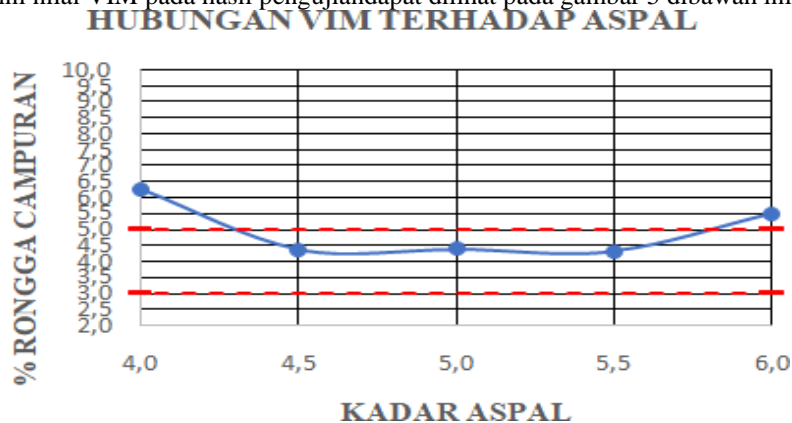


Gambar 4. 4 Hubungan VFA Terhadap Kadar Aspal
(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

Berdasarkan gambar 4 diperoleh nilai VFA dari semua kadar aspal memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar ≥ 65 , yaitu 4,5% (71,9) 5% (73,9) 5,5% (76,0) 6% (72,2).

3.3.4. Void In the Mix (VIM)

Void In the Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang didapatkan pada suatu campuran, semakin besar rongga dalam campuran akan menunjukkan semakin tinggi VIM sehingga campuran bersifat porous (Ketut et al., 2025). Berikut ini nilai VIM pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.

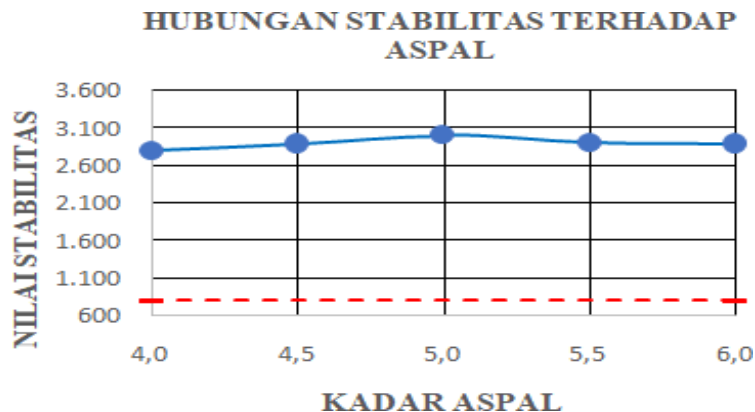


Gambar 4. 5 Hubungan VIM Terhadap Kadar Aspal
(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

Berdasarkan gambar 4.6 diperoleh nilai VIM yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar 3 - 5 yaitu dengan nilai kadar aspal 4,5% (4,4) 5% (4,4) 5,5% (4,3).

3.3.5 Stabilitas

Stabilitas merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kelelahan plastis terhadap ketahanan pada campuran (Prameswari, 2020). Berikut ini nilai stabilitas pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini.

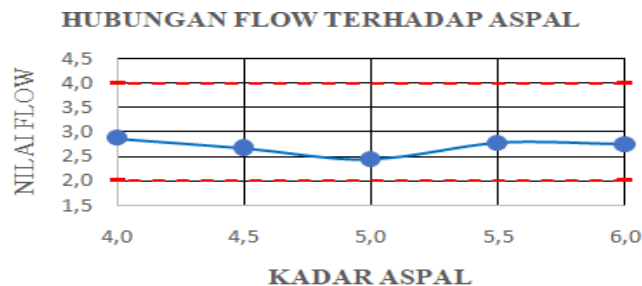


Gambar 4. 6 Hubungan Stabilitas Terhadap Kadar Aspal
(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

Berdasarkan gambar 4.5 diperoleh seluruh nilai kadar aspal pada Stabilitas memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar ≥ 800 .

3.3.6 Flow (Kelelahan)

Flow merupakan penurunan vertical campuran akibat beban yang bekerja pada perkerasan. Semakin tinggi nilai *Flow* maka akan semakin tinggi pula tingkat kelenturan dikarenakan kadar aspal. Semakin rendah *Flow* maka akan semakin kaku (Syaputra & Sefrus, 2025). Berikut nilai *Flow* hasil pengujian dilihat pada gambar 7 dibawah ini.

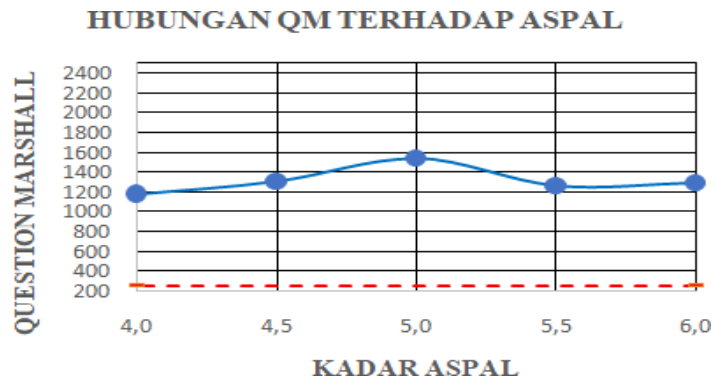


Gambar 7 Hubungan *Flow* Terhadap Kadar Aspal
(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

Berdasarkan gambar 7 diperoleh seluruh nilai kadar aspal pada *Flow* memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar 2 – 4 mm.

3.3.7 Marshall Quantient (MQ)

Marshall Quantien MQ merupakan hasil bagi Stabilitas antara *Flow* pada campuran. Semakin rendah nilai MQ maka fleksibilitas campuran itu tinggi namun cenderung kurang stabil, begitupun sebaliknya. Berikut ini nilai MQ pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8 Hubungan *QM* Terhadap Kadar Aspal
 (Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

Berdasarkan gambar 8 diperoleh nilai MQ dari semua kadar aspal memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar ≥ 250 .

3.4 Kadar Penambahan Optimum (KPO)

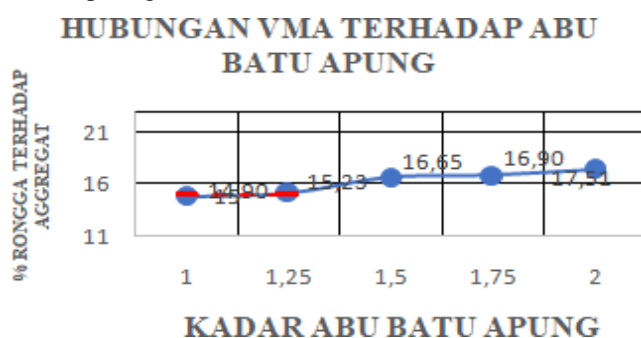
Pengujian ini dilakukan setelah nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) yang didapat adalah 5%, selanjutnya pembuatan benda uji dengan campuran aspal penggantian abu batu apung dengan persentase 1%, 1,25%, 1,5%, 1,75% dan 2% :

- a. $1\% \times 60 = 0,6$ gram
- b. $1,25\% \times 60 = 0,75$ gram
- c. $1,5\% \times 60 = 0,95$ gram
- d. $1,75\% \times 60 = 1,05$ gram
- e. $2\% \times 60 = 1,2$ gram

Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui karakteristik *Marshall* standar dengan penambahan limbah las karbit, adapun pembahasan hasil pengujian *marshall* standar untuk menentukan KPO diantaranya terdiri dari *Void Mineral Agregat* (VMA), *Void Filled Asphalt* (VFA), *VoidIn the Mix* (VIM), Stabilitas, *Flow* (Kelelehan), dan *Marshall Quotien* (MQ), yang akan dibahas sebagai berikut.

3.4.1. Void Mineral Agregat (VMA)

Void Mineral Agregat (VMA) merupakan jumlah pori butir-butir agregat aspal padat antara rongga udara yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Berikut ini nilai *Void Mineral Agregat* (VMA) pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 9 dibawah ini.

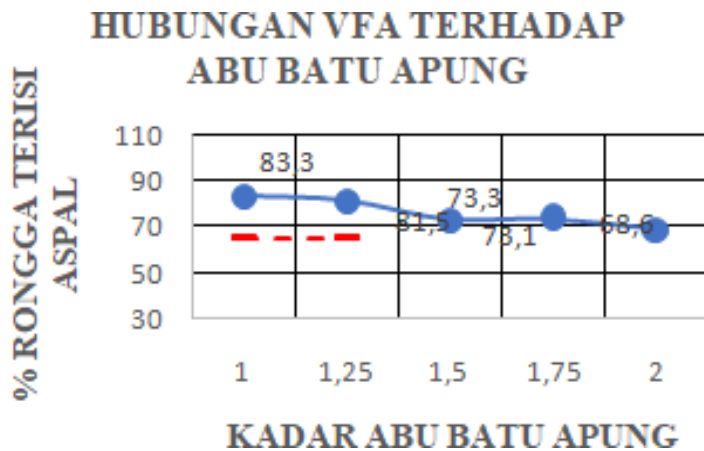


Gambar 9 Hubungan VMA Terhadap Kadar Abu Batu Apung
 (Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

Berdasarkan gambar 4.9 diperoleh nilai VMA yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar ≥ 15 yaitu dengan nilai kadar abu batuapung 1,25% (15,23), 1,5% (16,88), 1,75% (16,90), dan 2% (17,51).

3.4.2. Void Filled Asphalt (VFA)

Void Filled Asphalt (VFA) merupakan persentase yang didapat dari VMA yang telah terisi oleh aspal yaitu rongga terisi aspal, tidak termasuk kedalam aspal yang diserap oleh agregat melainkan menyelimuti butir-butir agregat dalam campuran. Berikut ini nilai *Void Filled Asphalt* (VFA) pada hasil pengujian dilihat pada gambar 10 di bawah ini

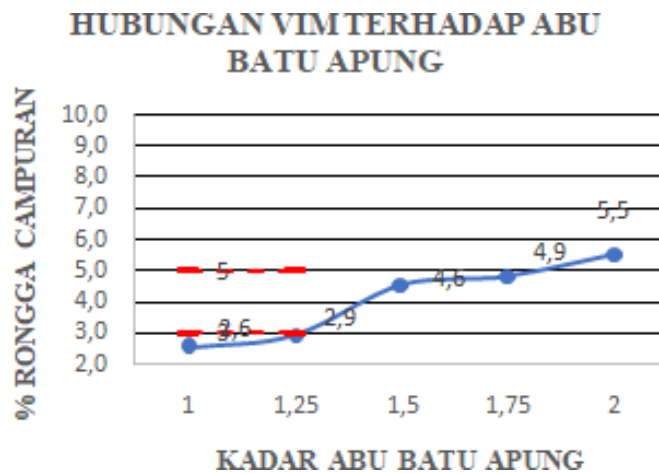


Gambar 10 Hubungan VFA Terhadap Kadar Abu Batu Apung
 (Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

Berdasarkan gambar 10 diperoleh nilai VFA terhadap abu batu apung semuanya memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar ≥ 65 .

3.4.3. Void In the Mix (VIM)

Void In the Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang didapatkan pada suatu campuran, semakin besar rongga dalam campuran akan menunjukkan semakin tinggi VIM sehingga campuran bersifat porous. Berikut ini nilai VIM pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 11 di bawah ini.

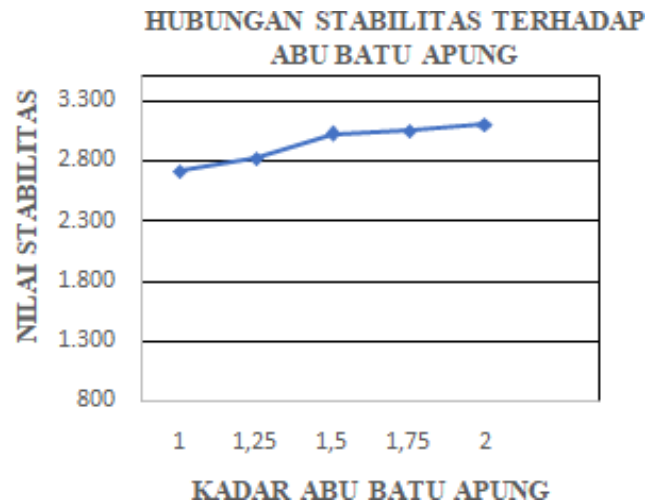


Gambar 11 Hubungan VIM Terhadap Kadar Abu Batu Apung
 (Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

Berdasarkan gambar 11 diperoleh nilai VIM yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar 3% - 5% yaitu dengan nilai kadar abu batu apung 1,5% (4,6) dan 1,75% (4,9).

3.4.4. Stabilitas

Stabilitas merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kelelahan plastis terhadap ketahanan pada campuran (Riruma, 2023). Berikut ini nilai stabilitas pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 12 di bawah ini.

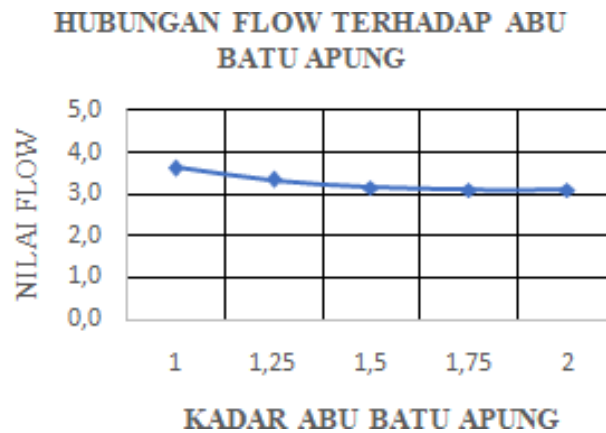


Gambar 12 Hubungan *Stabilitas* Terhadap Kadar Abu Batu Apung
(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

Berdasarkan gambar 12 diperoleh nilai *Stabilitas* terhadap abu batu apung semuanya memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar ≥ 800 .

3.4.5. *Flow* (Kelelahan)

Flow merupakan penurunan vertical campuran akibat beban yang bekerja pada perkerasan. Semakin tinggi nilai *Flow* maka akan semakin tinggi pula tingkat kelenturan dikarenakan kadar aspal. Semakin rendah *Flow* maka akan semakin kaku. Berikut nilai *Flow* hasil pengujian dilihat pada gambar 4.13 dibawah ini.

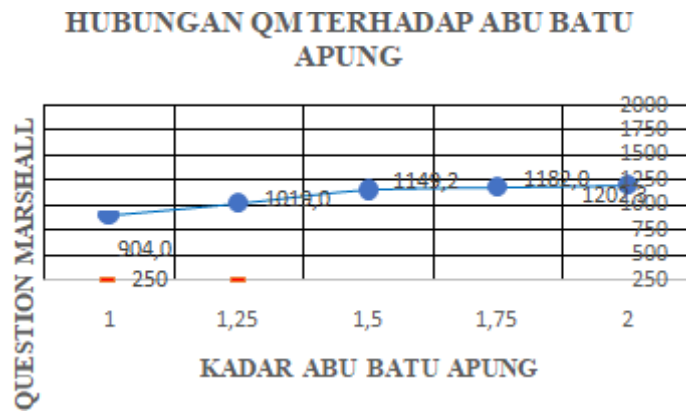


Gambar 13 Hubungan *Flow* Terhadap Kadar Abu Batu Apung
(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

Berdasarkan gambar 12 diperoleh nilai *Flow* yang semuanya memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar 2 mm – 4 mm.

3.4.6. Marshall Quantient (MQ)

Marshall Quantien MQ merupakan hasil bagi *Stabilitas* antara *Flow* pada campuran. Semakin rendah nilai MQ maka fleksibilitas campuran itu tinggi namun cenderung kurang stabil, begitupun sebaliknya. Berikut in inilai MQ pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 14 dibawah ini.



Gambar 14 Hubungan *QM* Terhadap Kadar Abu Batu Apung
 (Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

Berdasarkan gambar 14 diperoleh nilai *QM* yang semuanya memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar ≥ 250 .

3.5 Karakteristik Marshall

Pembahasan dari hasil pengujian karakteristi *marshall* yang didapatkan sebagai berikut.

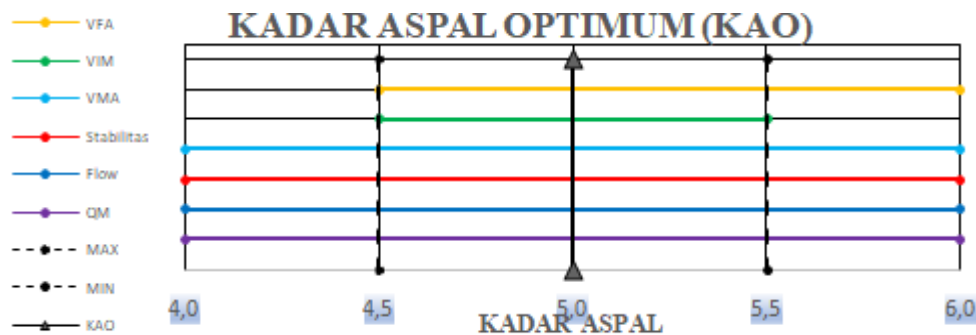
3.5.1. Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berikut hasil pengujian *Marshall* untuk menentukan KAO yang dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 15 dibawah ini.

Tabel 12 Hasil pengujian *Marshall* penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)				
			4	4.5	5	5.5	6
1	VMA (%)	≥ 15	16.08	15.5	16.59	17.58	19.6
2	VFA (%)	≥ 65	61.2	71.9	73.9	76	72.2
3	VIM (%)	3--5	6.3	4.4	4.4	4.3	5.5
4	Stabilitas (kg)	≥ 800	2802.4	2889.6	3005.1	2907.1	2892
5	Flow (mm)	2--4	2.9	2.7	2.4	2.8	2.7
6	QM (kg/mm)	≥ 250	1176	1301	1535.8	1251.9	1288.8

(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)



Gambar 15 Grafik Kadar Aspal Optimum
 (Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

Dari hasil pembahasan karakteristik marshall diatas dapat dilihat bahwa setelah melakukan pengujian *Marshall* pada seluruh parameter *Marshall* yang memenuhi persyaratan KAO dari kadar aspal perencanaan terletak pada kadar aspal 5%, adapun parameter *Marshall* dari Kadar Aspal Optimum 5% yaitu VMA 16,59%, VFA 73,9%, VIM 4,4%, Stabilitas 3005,1 kg, *Flow* 2,4 mm, dan *Marshall Quotien* 1535,8 kg yang telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 (Vianda et al., 2021).

3.5.2. *Kadar Aspal Optimum (KAO)*

Berikut hasil pengujian *Marshall* untuk menentukan KPO yang dapat dilihat pada Tabel 13 dan Gambar 16 dibawah ini.

Tabel 13 Hasil pengujian Marshall Kadar Penambahan Optimum (KPO)

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Batu Apung (%)					
			0	1	1.25	1.5	1.75	2
1.	VMA (%)	≥ 15	16.59	14.90	15.23	16.88	16.37	17.51
2.	VFA (%)	≥ 65	73.9	83.3	81.5	71.9	74.9	68.6
3.	VIM (%)	3--5	4.4	2.6	2.9	4.8	4.2	5.5
4.	Stabilitas (kg)	≥ 800	3005.1	2715.2	2818.1	3024.0	3046,6	3104.4
5.	Flow (mm)	2--4	2.4	3.6	3.3	3.2	3.1	3.1
6.	QM (kg/mm)	≥ 250	1176.5	904.0	1019.0	1149.2	1182.2	1202.3

(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

Berdasarkan tabel 13 dapat dilihat VMA (*voids in the mineral agregats*) adalah persentase rongga dalam butir agregat yang reisi oleh udara dan laston. Berdasarkan tabel nilai VMA cenderung meningkat sampai mencapai nilai maksimum. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kadar laston, volume pori diantara butir agregat semakin meningkat karena semakin banyak kadar laston dan udara yang mengisi rongga/pori diantara agregat. Nilai VMA yang sedikit dapat menyebabkan lapisan laston yang menyelimuti agregat menjadi sedikit sehingga mudah teroksidasi, dan nilai VMA yang banyak juga dapat menyebabkan *bleeding*. Nilai VMA dari semua kadar laston memenuhi spesifikasi *Marshall* untuk Laston minimal 15 %. Nilai stabilitas meningkat sampai kadar laston 2% hal ini disebabkan kemampuan nilai stabilitas dalam menerima beban sampai keadaan maksimum (Maulana, 2018). *Flow* terlihat nilai kelelahan meningkat dengan meningkatnya kadar laston. Hal ini disebabkan karena semakin banyak beban yang diterima benda uji semakin besar pula nilai deformasi vertikal yang ditandai dengan nilai kelelahan semakin besar. Berdasarkan grafik nilai kelelahan, terlihat bahwa semua kadar laston memenuhi spesifikasi *Marshall* untuk Laston 2mm – 4mm. Nilai *Quetient* adalah ratio antara nilai stabilitas dan kelelahan. Terlihat jelas grafik membentuk garis lengkung hal ini dikarenakan pada pengujian kadar *filler* 1%-2% ini nilai stabilitas mengalami kenaikan sampai pada kadar laston 5%.



Gambar 16 Grafik Perbandingan KAO & KPO

(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNIHAZ, 2024)

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis perhitungan dari karakteristik campuran aspal AC-WC dengan pengganti *filler* abu batu apung dapat disimpulkan sebagai berikut : Nilai stabilitas meningkat dengan penggunaan abu batu apung sebagai *filler*. Nilai stabilitas tertinggi terdapat pada persentase *filler* 2% dari berat dan terendah terdapat pada persentase *filler* 1%. Nilai kelelahan menurun dengan bertambahnya nilai kadar *filler*. Nilai kelelahan tertinggi terdapat pada persentase *filler* 1 % dan yang terendah terdapat pada persentase *filler* 2%. Nilai VMA cenderung meningkat sampai mencapai nilai maksimum. Nilai VFA semua persentase memenuhi syarat diatas 65%. Nilai VIM memenuhi syarat pada persentase 1,5%(4,8) dan 1,75%(4,2) dikarenakan nilai VIM berpengaruh pada keawetan dan semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga bersifat porous. Pengaruh penggunaan abu batu apung sebagai pengganti *filler* pada campuran AC-WC adalah semakin tinggi nilai kadar *filler*, semakin tinggi pula nilai stabilitas dan semakin rendah nilai kelelahan. Nilai persentase optimum dari penggunaan abu batu apung sebagai *filler* pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* adalah pada persentase 1,75%

Daftar Pustaka

1. Dwijayanti, K. P., Kyla, A. J., & Anusanto, J. D. (2024). Penerapan Kembali Limbah Plastik Sebagai Alternatif Bahan Konstruksi Jalan Yang Ramah Lingkungan Dan Berkelanjutan. *Jurnal Reka Cipta*, 1, 35–42.
2. Gutama, D. S. L. W. (2023). Pengaruh Substitusi Abu Ampas Tebu Sebagai Filler Terhadap Kualitas Campuran Asphalt Concrete-. *Bangun Rekaprima*, 09, 247–256.
3. Hadi, M. A. (2024). Eksplorasi Dampak Perubahan Manual Desain Perkerasan Jalan (Mdpj) 2017 Ke 2024 Menggunakan Program Kenpave. *Wahana Teknik Sipi*.
4. Ketut, N., Erawati, A., Ariawan, P., Ariana, I. K. A., & Budiarnaya, P. (2025). Penambahan Semen Sebagai Filler Pada Campuran Ac Wc Pada Kadar Aspal Optimum Untuk Meningkatkan Stabilitas. *Journal Of Mandalika Literature*, 6(3), 973–988.
5. Kumalawati. (2013). Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Batu Apung Sebagai Pengganti Filler Untuk Campuran Aspal. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 191–200.
6. Maulana, R. G. (2018). Meningkatkan Karakteristik Marshall Dengan Menambah Serbuk Ban Bekas Ke Dalam Campuran Laston Ac-Wc. *Bangun Rekaprima*, 04, 11–24.
7. Muldiyanto, A. (2017). Uji Stabilitas Terhadap Flow Campuran Aspal Dengan Marshall Test (Kadar Aspal 5 % , Penetrasi 60 / 70). *J. Pengemb. Rek & Tek Volume 13 No 1, Juni 2011:*, 13(1), 11–18.
8. Nadhifah, N., & Mahardi, P. (2025). Kinerja Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (Ac – Wc) Dengan Reclaimed Asphalt Pavement (Rap) Sebagai Agregat Halus Dan Filler Abu Batu. *Mitrans: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi*, 3(2), 140–155.
9. Prameswari, P. A. (2020). Pengaruh Pemanfaatan Pet Pada Laston Lapis Pengikat Terhadap Parameter Marshall. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain (Jrsdd)*.
10. Pratomo, P., & Ali, H. (2015). Pengaruh Suhu Tumbukan Pada Campuran Aspal Beton Dengan Jenis Lapis Ac-Wc Gradasi Halus. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain (Jrsdd)*, 3(2), 351–360.
11. Putra, M. T., & Destania, H. R. (2023). Analisis Karakteristik Marshall Campuran Aspal Modifikasi Pada Asphalt Concrete – Wearing Course (Ac – Wc) Dengan Penambahan Serbuk Ban Kendaraan. *Jurnal Teknik Sipil*, 19, 335–350. <https://doi.org/10.28932/Jts.V19i2.5580>
12. Riruma, G. G. Y. (2023). Pengaruh Penambahan Karet Ban Bekas Terhadap Sifat Marshall Campuran Aspal Ac-Wc. *Jurnal Simetrik*, 13(2), 757–764.
13. Sulandari, E. (2024). Analisis Pengaruh Sifat Volumetrik Pada Campuran Aspal Ac-Wc. *Crane : Civil Engineering Research Journal*, 5, 41–47.
14. Syaputra, M. T. A., & Sefrus, T. (2025). Pengaruh Penggunaan Filler Abu Limbah Cangkang Kemiri Terhadap Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc). *Jurnal Proyek Teknik Sipil*, 8(2), 97–113.
15. Vianda, M. O., Sriharyani, L., & Kurniawan, S. (2021). Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (Ac-Bc) Dengan Bahan Pengisi (Filler) Abu Batu Kapur (Limestone). *Jumatisi*, 2(1).
16. Wardana, H. W. (2023). Penentuan Kadar Aspal Optimum (Kao) Dalam Campuran Asphalt Concretewearing Course (Ac-Wc) Dengan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat. *Journal Of Universitas Negeri Surabaya*.
17. Widayanti, A. (2020). Analisis Pemanfaatan Zat Aditif Pada Reclaimed Asphalt Pavement Untuk Lapisan Beton Aspal. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 4(1).