

Inovasi Penggunaan Kapur sebagai Pengganti Bahan Pengisi pada AC-WC

Muhammad Taufik Habibillah Ibnu Ahmad, Helyanto, Sarpawi, Robert

Politeknik Negeri Pontianak, Indonesia

Email: taufikdeware@gmail.com

Abstrak

Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas kapur sebagai bahan pengisi (*filler*) alternatif dalam campuran aspal tipe Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan mempertimbangkan performa mekanis dan daya tahan campuran. Penelitian dilakukan dengan variasi kadar kapur sebesar 0%, 25%, 50%, dan 75% sebagai pengganti sebagian filler konvensional. Metode pengujian meliputi analisis sifat fisik agregat dan kapur, uji Marshall untuk menentukan parameter stabilitas, kelelahan, *flow*, *void in mix* (VIM), serta uji stabilitas sisa untuk mengevaluasi ketahanan campuran terhadap pengaruh beban berulang dan kelembapan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kapur mampu meningkatkan stabilitas campuran, dengan performa terbaik pada kadar 50%, yang mencatat nilai stabilitas sisa sebesar 94,5%, melebihi campuran tanpa kapur. Selain itu, kadar aspal optimum (*optimum asphalt content*) cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya proporsi kapur, menunjukkan bahwa kapur dapat meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat. Namun, pada kadar 75%, terjadi penurunan pada beberapa parameter teknis seperti kelelahan dan VIM, sehingga tidak direkomendasikan untuk penggunaan maksimal. Berdasarkan hasil ini, penggunaan kapur sebesar 50% dianggap paling optimal untuk meningkatkan mutu, efisiensi, serta kinerja lapisan permukaan jalan AC-WC.

Kata Kunci: Inovasi Kapur, Pengganti Filler, Laston AC-WC, Uji Marshall, Ketahanan Perendaman, KAO, Campuran Aspal Panas

Abstract

This study aims to evaluate the effectiveness of lime as an alternative filler material in Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) mixtures, focusing on both mechanical performance and durability. The research was conducted using lime content variations of 0%, 25%, 50%, and 75% as partial replacements for conventional fillers. The testing methods included an analysis of the physical properties of aggregates and lime, the Marshall test to determine stability, flow, and voids in the mix (VIM), as well as a residual stability test to assess the mixture's resistance to repeated loads and moisture. The results indicate that the addition of lime enhances the mixture's stability, with the best performance observed at 50% lime content, which recorded the highest residual stability of 94.5%, surpassing the mixture without lime. Furthermore, the optimum asphalt content tended to increase as the lime proportion rose, suggesting that lime improves the bond between asphalt and aggregate. However, at 75% lime content, a decline was observed in several technical parameters, such as flow and VIM, making it less suitable for maximum use. Based on these findings, a 50% lime content is considered the most optimal composition for improving the quality, efficiency, and overall performance of AC-WC surface layers.

Keywords: Lime Innovation, Filler Replacement, Laston AC-WC, Marshall Test, Immersion Resistance, KAO, Hot Asphalt Mix

PENDAHULUAN

Peningkatan pembangunan infrastruktur jalan di Indonesia menyebabkan tingginya permintaan material konstruksi, khususnya agregat untuk campuran aspal (Pradani, 2023). Namun, keterbatasan ketersediaan agregat standar di beberapa daerah memaksa kontraktor mengimpor material dari wilayah lain, yang berdampak pada meningkatnya biaya dan waktu proyek (Gani et al., 2023). Sebagai solusi, pemanfaatan material lokal seperti kapur (limestone) sebagai bahan pengisi (filler) mulai banyak diteliti karena ketersediaannya yang melimpah dan harganya yang lebih ekonomis (Irwanto & Qadar, 2019). Penggunaan filler kapur dalam campuran aspal panas terbukti meningkatkan stabilitas Marshall serta mengurangi nilai flow, yang menandakan performa struktural campuran menjadi lebih baik (Tumpu et al., 2020). Selain itu, filler berbasis kapur juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap kelembaban serta deformasi permanen (rutting), terutama ketika digunakan dalam bentuk hydrated lime (Remisova, 2015). Potensi besar sumber daya kapur di Indonesia, yang mencapai lebih dari 2.000 miliar ton, membuka peluang luas untuk pemanfaatannya dalam infrastruktur jalan secara berkelanjutan (Gani et al., 2023). Studi lainnya juga menunjukkan bahwa kapur dapat memperbaiki sifat adhesi antara agregat dan aspal, serta meningkatkan daya tahan terhadap pengaruh lingkungan (Kakar et al., 2022). Oleh karena itu, optimalisasi penggunaan kapur lokal sebagai alternatif filler dapat menjadi strategi efektif dalam menjawab tantangan logistik dan efisiensi biaya pada proyek konstruksi jalan (Yusoff et al., 2021).

Kapur padam (hydrated lime) memiliki karakteristik yang mendukung penggunaannya sebagai filler, di antaranya kemampuan memperkuat ikatan antara aspal dan agregat serta meningkatkan daya tahan campuran terhadap kelembaban dan beban lalu lintas (Agustin, 2024; Atirah, 2024). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kapur sebagai bahan pengisi pada campuran AC-WC dapat meningkatkan nilai stabilitas dan durabilitas campuran. Andri dan Pratiwi (2012) mengungkapkan bahwa penggunaan kapur pada variasi 25% dan 50% terhadap total filler menghasilkan stabilitas Marshall yang lebih tinggi dibandingkan campuran tanpa kapur.

Penelitian lain di Irak menemukan bahwa penambahan kapur terhidrasi sebesar 2,5% pada agregat jenuh permukaan dapat meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen, kelembaban, dan kelelahan (Putra, 2024), serta memperbaiki modulus elastisitas campuran (Albayati & Mohammed, 2016). Selain itu, pemanfaatan batu kapur lokal sebagai agregat pada AC-WC juga telah diteliti dan menunjukkan bahwa campuran tersebut masih dapat memenuhi persyaratan teknis untuk konstruksi jalan, terutama di wilayah yang tidak memiliki sumber agregat standar (Pomantow et al., 2019).

Melihat potensi dan manfaat tersebut, inovasi penggunaan kapur sebagai bahan pengisi dalam campuran AC-WC perlu terus dikembangkan guna meningkatkan efisiensi biaya konstruksi serta mendorong pemanfaatan material lokal yang melimpah.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas kapur sebagai bahan pengisi (filler) alternatif dalam campuran aspal tipe Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC), dengan fokus pada pengaruh variasi kadar kapur terhadap stabilitas, durabilitas, dan kinerja teknis campuran. Penelitian ini secara khusus mengkaji proporsi kapur 0%, 25%,

50%, dan 75% untuk menentukan komposisi optimal yang mampu meningkatkan kualitas campuran serta memenuhi persyaratan teknis konstruksi jalan.

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi industri konstruksi, khususnya dalam mengurangi ketergantungan pada agregat standar yang semakin terbatas, sekaligus menekan biaya produksi melalui pemanfaatan material lokal yang melimpah dan ekonomis seperti kapur. Selain itu, penelitian ini memberikan manfaat akademis berupa pengayaan literatur terkait inovasi bahan pengisi pada campuran aspal, yang dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya maupun perumusan standar teknis pembangunan jalan di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menilai sejauh mana kapur dapat berperan sebagai bahan substitusi filler dalam campuran aspal AC-WC, dengan fokus pada karakteristik serta kinerja campuran yang dihasilkan. Sampel diuji dengan variasi kadar kapur sebesar 0%, 25%, 50%, dan 75%. Kapur yang digunakan diambil dari tambang yang terletak di Kecamatan Padalarang, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat, sedangkan agregat alam dan aspal jenis penetrasi 60/70 diperoleh dari PT. TMPI di daerah Cagak, Subang, Jawa Barat. Pengujian sifat-sifat material, termasuk penggunaan kapur dalam campuran aspal, mengacu pada standar Spesifikasi Bina Marga Divisi 6 Tahun 2018 Revisi 2 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020).

Secara keseluruhan, penelitian ini mencakup pengujian terhadap sifat fisik kapur, uji Marshall, dan uji stabilitas sisa untuk mengetahui pengaruh kapur sebagai bahan pengganti filler pada campuran beraspal AC-WC.

Pengujian Material Kapur

Pengujian material kapur dengan menggunakan metode ASTM C-25 (ASTM C-25, 2019) dilakukan untuk mengetahui kandungan Silika Oksida dalam kapur yang akan digunakan pada campuran beraspal panas dan pengujian material konvensional untuk memahami sifat-sifat dari bahan penyusun campuran aspal, termasuk kombinasi antara agregat dan aspal, dengan mengacu pada pedoman Spesifikasi Bina Marga Divisi 6 Tahun 2018 Revisi 2 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020).

Pengujian Karakteristik Campuran AC-WC

Pengujian terhadap sifat dan karakteristik campuran dalam penelitian ini menggunakan metode Marshall. Evaluasi dilakukan terhadap berbagai parameter campuran aspal, meliputi nilai kepadatan, stabilitas (kg), flow, VMA (%), VIM (%), VFB (%), stabilitas sisa Marshall (%), serta Kadar Aspal Optimum (KAO). Setiap sampel diuji, dianalisis, dan dibandingkan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh variasi kadar kapur inovatif sebagai bahan pengganti filler dalam campuran AC-WC.

Melalui hasil analisis tersebut, dapat diidentifikasi kadar kapur inovatif yang

menunjukkan performa paling optimal, ditandai dengan nilai parameter tertinggi, sehingga dapat direkomendasikan sebagai komposisi terbaik dalam campuran aspal AC-WC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian mencakup parameter karakteristik dari material inovatif kapur, material konvensional, aspal penetrasi 60/70, serta karakteristik Marshall dari campuran aspal AC-WC standar dan campuran AC-WC yang menggunakan material kapur inovatif sebagai pengganti filler, dengan variasi kadar sebesar 25%, 50%, dan 75%.

Agregat Kasar

Pengujian terhadap agregat kasar dilakukan untuk mengetahui karakteristik serta sifat fisis agregat yang digunakan dalam campuran aspal. Dalam penelitian ini, pengujian agregat kasar mengacu pada ketentuan dan standar yang tercantum dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Tahun 2018 Revisi 2 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020).

Tabel 1. Hasil pengujian Agregat Kasar

No	Pengujian	Spesifikasi	Hasil
1.	Berat Jenis	Min 2,5	2,67
2.	Penyerapan	Max 3%	1,10%
3.	Angularitas	Min :95% (CA) 90% (MA)	100%
4.	Partikel Pipih Lonjong	Max 10%	5,35%
5.	Abrasi (500 putaran)	Max 30%	16,7%
6.	Lolos Saringan No. 200	Max 1%	0,08%
7.	Kelekatan Terhadap Aspal	Min 95%	98%
8.	Kekekalan Agregat (Soundness) (Magnesium Sulfat)	Max 18%	8%
9.	Gumpalan Lempung	Max 1%	0,3

Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Perusahaan TMPI yang mengambil sumber material di daerah Cagak, Subang, Jawa Barat. Tujuan pengujian terhadap agregat halus ini serupa dengan pengujian agregat kasar, yaitu untuk mengetahui sifat dan karakteristik fisis agregat halus yang akan diaplikasikan dalam campuran beraspal. Seluruh proses pengujian mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Tahun 2018 Revisi 2 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020).

Tabel 2. Hasil pengujian propertis agregat halus

No	Pengujian	Hasil
1.	Berat Jenis	2,71
2.	Penyerapan	2,1%
3.	Lolos Saringan No. 200	6,127%
4.	Setara Pasir	85%

Aspal Penetrasi 60 Pertamina

Aspal Penetrasi 60/70 dari Pertamina yang akan digunakan dalam campuran lapis

aus (AC-WC) pada penelitian ini terlebih dahulu melalui tahap pengujian untuk mengetahui sifat dan karakteristiknya. Hasil pengujian tersebut harus sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Tahun 2018 Revisi 2 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020). Rangkuman hasil pengujian Aspal Pen 60/70 Pertamina disajikan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil pengujian Aspal Pen 60/70 Pertamina

No	Uji	Batas	Hasil
1.	Penetrasi pada 25°C selama 1-2 Jam	60 – 70	61
2.	Viskositas Kinematis 135°C (cST)	≥ 300	382,5
3.	Berat Jenis	≥ 1,0	1,037
4.	Daktilitas pada 25°C	≥ 100 cm	140 cm
5.	Titik Lembek	≥ 48°C	49,6 °C
6.	Titik Nyala	≥ 232 °C	340 °C
7.	Kehilangan Berat	≤ 0,8 %	0,048 %
8.	Kelarutan Aspal dalam <i>Trichloroethylene</i>	≥ 99 %	99,35 %
9.	Kadar Parafin Lilin	≤ 2 %	0,088 %
10.	Penetrasi TFOT pada 25°C (%semula)	≥ 54 %	70,5%
11.	Daktilitas TFOT pada 25°C	≥ 50 cm	140

Material Inovasi Kapur

Pengujian terhadap kandungan kimia material kapur dilakukan guna mengetahui komposisi unsur kimianya, khususnya kandungan silika. Proses pengujian ini mengacu pada standar ASTM C25 (ASTM C-25, 2019). Pengujian tersebut dilakukan dan hasilnya diterbitkan oleh Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T), di bawah naungan Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, yang berlokasi di Sangkuriang, Bandung, Jawa Barat.



BADAN STANDARDISASI DAN KEBIYAKAN JASA INDUSTRI
BALAI BESAR BAHAN DAN BARANG TEKNIK
 Jl. Sangkuriang No. 14 Bandung 40135 JAWA BARAT – INDONESIA
 Telp. 022 – 2504088, 2510682, 2504828 Fax. 022 – 2502027
 Website : www.b4t.go.id E-mail : b4t@b4t.go.id

HASIL PENGUJIAN <i>Test Results</i>		
NO. LAPORAN : 4-24-21-00078 <i>Report No</i>		
Hasil Analisa Kimia dari Contoh Original/Kering (105°C) dalam % Berat		
PARAMETER	HASIL UJI	METODE UJI
Kalsium Oksida (CaO)	54.671	ASTM C 25
Silika Oksida (SiO ₂)	0.910	

Gambar 1. Hasil Pengujian Kapur

Pengujian sifat fisis (propertis) kapur yang digunakan dalam campuran beraspal mengacu pada standar yang tercantum dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Tahun 2018 Revisi 2 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020). Hasil dari pengujian

tersebut kemudian dirangkum dan disesuaikan dengan ketentuan dalam pedoman yang berlaku. Ringkasan hasil pengujian tersebut ditampilkan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil pengujian propertis Kapur

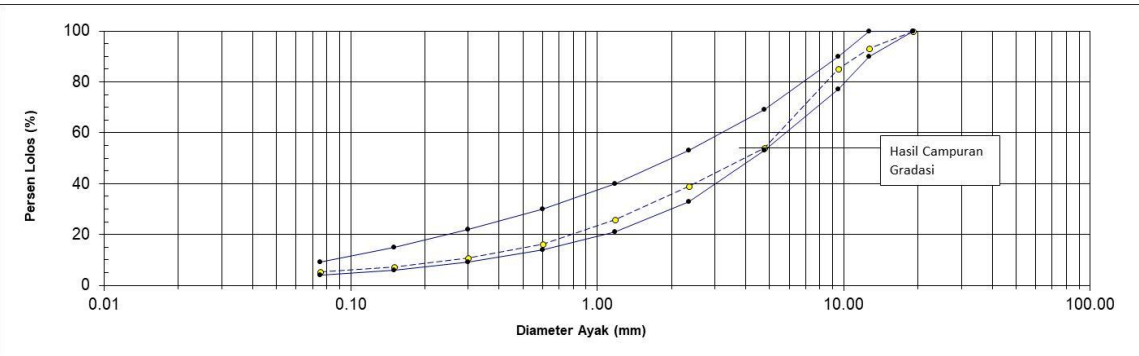
No	Pengujian	Spesifikasi	Hasil
1.	Berat Jenis	Min 2,5%	2,905%
2.	Lolos Saringan No. 200	Min 75%	95%

Penggunaan Kadar Aspal Rencana

Penentuan kadar aspal rencana dalam penelitian ini didasarkan pada hasil analisis gradasi agregat gabungan dalam campuran beraspal. Gradasi agregat tersebut diperoleh melalui pengujian analisis saringan, yaitu proses pengayakan yang mengikuti ketentuan dalam Spesifikasi Bina Marga Divisi 6 Tahun 2018 Revisi 2 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020). Hasil persentase berat agregat yang lolos saringan kemudian dibandingkan dan disesuaikan dengan batas bawah dan batas atas gradasi agregat yang ditetapkan dalam spesifikasi yang berlaku.

Tabel 5. Gradasi agregat gabungan campuran beraspal

Gradasi Gabungan Campuran beraspal AC-WC				
Ukuran Saringan		%Berat Lolos		
Inchi	mm	Batas Bawah	Batas Atas	Hasil Analisis Ayak
3/4"	19	100	100	100
1/2"	12,5	90	100	92
3/8"	9,5	77	90	84
N0. 4	4,75	53	69	56
N0. 8	2,36	33	53	40
No. 16	1,18	21	40	27
No. 30	0,6	14	30	17
No. 50	0,3	9	22	11
No. 100	0,15	6	15	7
No.200	0,075	4	9	5



Gambar 2. Gradasi gabungan agregat

Setelah diperoleh hasil gradasi dari agregat gabungan, dilakukan perhitungan untuk menentukan kadar aspal rencana pada campuran beraspal. Penentuan kadar aspal ini dihitung menggunakan Persamaan 3.1. Langkah-langkah dan hasil perhitungannya disajikan pada bagian berikut.

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

Dimana:

- % Agregat yang tertahan nomor ayakan 2.36 mm (CA) = 46%
- % Agregat yang lolos nomor ayakan 2.36 mm (FA) = 50%
- % Agregat yang lolos nomor ayakan no.200 (FF) = 4%
- K = 0,5

$$P_b = 0,035 (46\%) + 0.045 (50\%) + 0.18(4\%) + 0,5$$

$$= 5,5458 \% \text{ pembulatan menjadi } 5,5\%$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, ditetapkan bahwa kadar aspal rencana untuk campuran AC-WC normal adalah sebesar 5,5%.

Hasil pengujian kadar aspal rencana digunakan untuk menentukan komposisi campuran beraspal yang akan dipakai dalam penelitian. Campuran tersebut mayoritas terdiri dari agregat kasar (CA), agregat halus (FA), dan bahan pengisi (filler). Proporsi masing-masing komponen dalam campuran adalah Agregat Kasar sebesar 46%, Agregat Halus sebesar 50%, dan Bahan Pengisi sebesar 4% dari total berat campuran beraspal. Berdasarkan komposisi tersebut, berikut merupakan kadar agregat yang akan digunakan dalam setiap pengujian pada penelitian ini.

Komposisi Campuran Beraspal AC-WC

Campuran awal yang akan diuji dalam penelitian ini adalah campuran beraspal AC-WC normal dengan komposisi agregat konvensional sesuai standar Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020). Komposisi tersebut terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan filler, di mana proporsi masing-masing material didasarkan pada hasil perhitungan dan analisis kadar aspal rencana yang telah dilakukan sebelumnya.

KADAR ASPAL RENCANA	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%
	marshall	marshall	marshall	marshall	marshall
Total Campuran	1150	1150	1150	1150	1150
Berat Aspal	51,75	57,50	63,25	69,00	74,75
Berat Agregat	1098,25	1092,5	1086,75	1081	1075,25
Inch					
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3/4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/2	76,7	76,3	75,9	75,5	75,1
3/8	86,1	85,6	85,2	84,7	84,3
No. 4	341,7	339,9	338,2	336,4	334,6
No. 8	170,5	169,6	168,7	167,8	166,9
No. 16	150,3	149,5	148,7	148,0	147,2
No. 30	107,1	106,6	106,0	105,5	104,9
No. 50	61,6	61,3	61,0	60,6	60,3
No. 100	35,8	35,6	35,4	35,3	35,1
No. 200	21,6	21,5	21,4	21,3	21,2
Pan	46,7	46,5	46,2	46,0	45,8
Total	1098,25	1092,5	1086,75	1081,0	1075,25

Gambar 3. Komposisi Campuran Beraspal AC-WC Normal

Campuran berikutnya merupakan campuran beraspal AC-WC yang menggunakan material kapur sebagai bahan substitusi filler (bahan pengisi). Substitusi ini dilakukan dengan menggantikan filler pada campuran AC-WC menggunakan kapur yang telah lolos saringan no.200 (0,075 mm), sesuai dengan ketentuan dalam Bina Marga Revisi 2 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020). Variasi kadar kapur yang digunakan dalam substitusi ini adalah sebesar 25%, 50%, dan 75%.

KADAR ASPAL RENCANA	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%	KADAR ASPAL RENCANA	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%	KADAR ASPAL RENCANA	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%
	marshall	marshall	marshall	marshall	marshall		marshall	marshall	marshall	marshall	marshall		marshall	marshall	marshall	marshall	marshall
Total Campuran	1150	1150	1150	1150	1150	Total Campuran	1150	1150	1150	1150	1150	Total Campuran	1150	1150	1150	1150	1150
Berat Aspal	51,75	57,50	63,25	69,00	74,75	Berat Aspal	51,75	57,50	63,25	69,00	74,75	Berat Aspal	51,75	57,50	63,25	69,00	74,75
Berat Agregat	1098,25	1092,5	1086,75	1081	1075,25	Berat Agregat	1098,25	1092,5	1086,75	1081	1075,25	Berat Agregat	1098,25	1092,5	1086,75	1081	1075,25
Normal						Normal						Normal					
Inch	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%	Inch	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%	Inch	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3/4	0	0	0	0	0	3/4	0	0	0	0	0	3/4	0	0	0	0	0
1/2	76,72	76,32	75,92	75,52	75,11	1/2	76,72	76,32	75,92	75,52	75,11	1/2	76,72	76,32	75,92	75,52	75,11
3/8	86,08	85,63	85,18	84,73	84,28	3/8	86,08	85,63	85,18	84,73	84,28	3/8	86,08	85,63	85,18	84,73	84,28
No. 4	341,74	339,95	338,16	336,37	334,58	No. 4	341,74	339,95	338,16	336,37	334,58	No. 4	341,74	339,95	338,16	336,37	334,58
No. 8	170,47	169,58	168,69	167,79	166,90	No. 8	170,47	169,58	168,69	167,79	166,90	No. 8	170,47	169,58	168,69	167,79	166,90
No. 16	150,32	149,53	148,74	147,96	147,17	No. 16	150,32	149,53	148,74	147,96	147,17	No. 16	150,32	149,53	148,74	147,96	147,17
No. 30	107,13	106,57	106,01	105,45	104,89	No. 30	107,13	106,57	106,01	105,45	104,89	No. 30	107,13	106,57	106,01	105,45	104,89
No. 50	61,60	61,27	60,95	60,63	60,31	No. 50	61,60	61,27	60,95	60,63	60,31	No. 50	61,60	61,27	60,95	60,63	60,31
No. 100	35,82	35,63	35,44	35,25	35,07	No. 100	35,82	35,63	35,44	35,25	35,07	No. 100	35,82	35,63	35,44	35,25	35,07
No. 200	21,64	21,53	21,41	21,30	21,19	No. 200	21,64	21,53	21,41	21,30	21,19	No. 200	21,64	21,53	21,41	21,30	21,19
Pan	35,05	34,87	34,68	34,50	34,32	Pan	35,05	34,87	34,68	34,50	34,32	Pan	35,05	34,87	34,68	34,50	34,32
Jumlah	1086,57	1080,88	1075,19	1069,50	1063,81	Jumlah	1086,57	1080,88	1075,19	1069,50	1063,81	Jumlah	1086,57	1080,88	1075,19	1069,50	1063,81
Kapur 25%						Kapur 50%						Kapur 75%					
Inch	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%	Inch	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%	Inch	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%
Pan	11,68	11,62	11,56	11,50	11,44	Pan	23,37	23,25	23,12	23,00	22,88	Pan	35,05	34,87	34,68	34,50	34,32
Total	1098,25	1092,50	1086,75	1081,00	1075,25	Total	1098,25	1092,50	1086,75	1081,00	1075,25	Total	1098,25	1092,50	1086,75	1081,00	1075,25

Gambar 4. Komposisi Campuran Beraspal AC-WC dengan Subsitusi Kapur 25%, 50%, dan 75% sebagai Filler

Hasil Uji Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal

Pengujian GMM (berat jenis maksimum) dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan satu sampel untuk setiap variasi jenis campuran beraspal. Hasil pengujian ini akan menjadi acuan dalam menentukan nilai berat jenis maksimum campuran aspal yang diperlukan untuk pengujian Marshall. Berikut disajikan hasil pengujian berat jenis maksimum (GMM) untuk masing-masing variasi campuran AC-WC.

Tabel 6. Hasil pengujian GMM pada Campuran Aspal Normal (Kapur 0%)

Kadar Aspal (%)	Campuran Normal
5,5	2,471

Tabel 7. Hasil pengujian GMM Campuran Aspal Bahan Pengisi Kapur

Kadar Aspal (%)	Filler Kapur 25%	Filler Kapur 50%	Filler Kapur 75%
5,5	2,479	2,470	2,462

Hasil Uji Marshall Test

Pengujian Marshall dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa dan karakteristik campuran aspal AC-WC. Proses pengujian dilakukan dengan memadatkan benda uji melalui penumbukan sebanyak 75 kali pada masing-masing sisi (atas dan bawah), menggunakan suhu pemadatan sebesar 149° C. Jumlah sampel yang

diuji disesuaikan dengan variasi kadar campuran yang telah ditetapkan dalam subbab 3.1.4. Setelah pemadatan, benda uji dibiarkan hingga mencapai suhu ruang (25° C), agar suhu bagian dalamnya stabil dan campuran menjadi lebih siap untuk diuji. Sebelum dilakukan pengujian Marshall, benda uji direndam terlebih dahulu dalam waterbath dengan suhu 60° C untuk menyesuaikan kondisi uji sesuai standar.

Tabel 8. Hasil pengujian Marshall campuran beraspal AC-WC Normal

Kadar aspal (%)	Kepadatan, (gr/cc)	VMA, (%)	VFB, (%)	VIM 2x75, (%)	Stabilitas, (kg)	Kelelehan, (mm)
4,5	2,273	18,61	49,86	8,05	875,9	1,97
5,0	2,300	18,07	58,09	6,44	924,1	2,10
5,5	2,314	18,02	64,81	5,45	995,8	2,23
6,0	2,310	18,61	68,66	4,13	982,6	2,50
6,5	2,311	18,98	73,26	2,59	872,3	2,50

Tabel 9. Hasil pengujian Marshall campuran beraspal AC-WC dengan Bahan Penganti Kapur pada Bahan Pengisi 25%

Kadar aspal (%)	Kepadatan, (gr/cc)	VMA, (%)	VFB, (%)	VIM 2x75, (%)	Stabilitas, (kg)	Kelelehan, (mm)
4,5	2,357	15,622	59,784	6,287	803,793	2,267
5,0	2,359	16,027	65,403	5,545	805,217	2,400
5,5	2,361	16,367	71,110	4,729	850,592	2,567
6,0	2,356	17,015	74,934	4,266	949,435	3,133
6,5	2,360	17,295	80,476	3,377	843,769	2,900

Tabel 10. Hasil pengujian Marshall campuran beraspal AC-WC dengan Bahan Penganti Kapur pada Bahan Pengisi 50%

Kadar aspal (%)	Kepadatan, (gr/cc)	VMA, (%)	VFB, (%)	VIM 2x75, (%)	Stabilitas, (kg)	Kelelehan, (mm)
4,5	2,261	19,06	54,24	8,72	841,93	1,90
5,0	2,297	18,22	63,69	6,62	864,50	2,53
5,5	2,329	17,52	73,55	4,64	927,74	3,17
6,0	2,317	18,39	75,78	4,45	883,26	2,45
6,5	2,316	18,85	79,79	3,81	858,56	2,50

Tabel 11. Hasil pengujian Marshall campuran beraspal AC-WC dengan Bahan Penganti Kapur pada Bahan Pengisi 75%

Kadar aspal (%)	Kepadatan, (gr/cc)	VMA, (%)	VFB, (%)	VIM 2x75, (%)	Stabilitas, (kg)	Kelelehan, (mm)
4,5	2,269	18,817	51,321	9,160	885,335	2,700
5,0	2,282	18,787	57,557	7,974	897,141	2,467
5,5	2,315	18,030	67,085	5,942	966,320	2,433
6,0	2,341	17,569	76,005	4,218	918,443	2,333
6,5	2,350	17,698	82,128	3,163	798,594	2,200

Hasil Kepadatan Mutlak PRD

Pengujian kepadatan mutlak dilakukan setelah tahap pengujian Marshall diselesaikan. Kadar aspal yang digunakan pada benda uji dalam pengujian ini ditentukan berdasarkan hasil analisis terhadap parameter-parameter karakteristik campuran beraspal dari uji Marshall, serta mengacu pada standar yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum

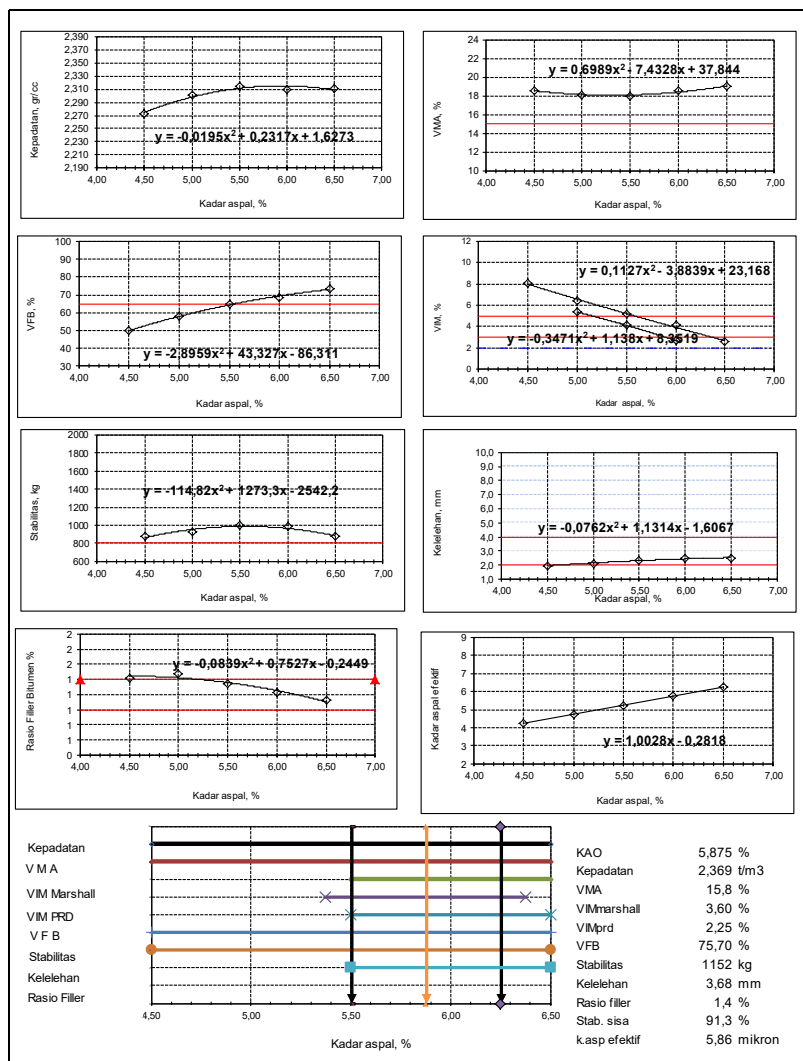
Bina Marga Divisi 6 Tahun 2018 Revisi 2 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020).

Tabel 12. Hasil pengujian kepadatan mutlak campuran beraspal AC-WC untuk setiap material dan variasi

Variasi Campuran beraspal AC-WC	Kadar Aspal (%)	VIM _{PRD} (%)
AC-WC Campuran Normal	5,38	5,36
	5,88	4,11
	6,38	2,68
AC-WC Filler Kapur 25% ; 75%	5,45	5,56
	5,95	4,42
	6,45	2,55
AC-WC Filler Kapur 50% ; 50%	5,50	6,83
	6,00	5,66
	6,50	4,11
AC-WC Filler Kapur 75% ; 25%	5,75	6,18
	6,25	5,39
	6,75	3,90

Penentuan Kadar Aspal Optimum berdasarkan analisis hasil penelitian

Kadar Aspal Optimum (KAO) yang digunakan dalam penelitian ini ditentukan melalui analisis terhadap hasil pengujian Marshall dan pengujian kepadatan mutlak. Parameter yang dianalisis meliputi kelelahan (flow), rongga dalam campuran (VIM), rongga terisi aspal (VFA), stabilitas, volume rongga dalam agregat mineral (VMA), serta berat jenis atau kepadatan, yang diperoleh dari hasil uji Marshall. Sementara itu, nilai volume rongga pada kondisi kepadatan maksimum (VIM_{PRD}/Ref) diperoleh dari pengujian kepadatan mutlak (PRD). Seluruh data ini dianalisis menggunakan metode diagram batang (barchart) untuk menentukan nilai KAO pada campuran beraspal.



Gambar 5. Penentuan KAO campuran beraspal AC-WC normal (Kapur 0%)

Tabel 13. KAO campuran beraspal AC-WC

Variasi Campuran Aspal AC-WC	KAO (%)
AC-WC Campuran Normal (Kapur 0%)	5,875
AC-WC Filler Kapur 25%	5,950
AC-WC Filler Kapur 50%	6,000
AC-WC Filler Kapur 75%	6,250

Nilai KAO campuran beraspal AC-WC dengan *Filler* Kapur juga mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar kapur yang digunakan. Tetapi, jika dibandingkan campuran beraspal AC-WC normal, nilai KAO campuran beraspal AC-WC *Filler* kapur lebih tinggi.

Stabilitas Sisa (Indeks Perendaman)

Pengujian Stabilitas Sisa (Immersion Test) dalam penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi seberapa besar penurunan stabilitas campuran aspal AC-WC setelah direndam dalam air selama periode tertentu, yaitu 30 menit dan 24 jam. Sampel yang digunakan dalam pengujian ini merupakan campuran beraspal yang telah dibuat dengan

menggunakan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh dari hasil pengujian sebelumnya.

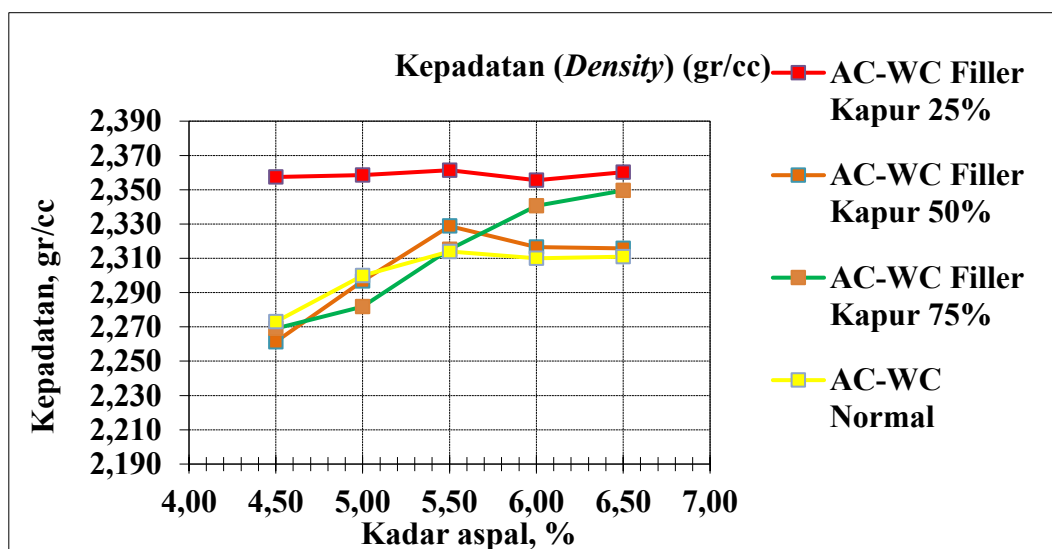
Tabel 14. Hasil pengujian Stabilitas Sisa (*Immersion Test*)

Variasi Campuran Aspal AC-WC	Nilai Stabilitas Sisa (%)
AC-WC Campuran Normal (Kapur 0%)	91,3
AC-WC <i>Filler</i> Kapur 25%	91,4
AC-WC <i>Filler</i> Kapur 50%	94,5
AC-WC <i>Filler</i> Kapur 75%	92,4

Penggunaan kapur sebagai pengganti filler pada campuran AC-WC berpengaruh terhadap nilai stabilitas sisa. Campuran tanpa kapur memiliki stabilitas sisa sebesar 91,3%, sedikit meningkat pada 25% kapur menjadi 91,4%. Nilai tertinggi tercapai pada 50% kapur dengan 94,5%, menunjukkan kinerja terbaik. Namun, pada 75% kapur, stabilitas menurun menjadi 92,4%. Dengan demikian, kadar kapur 50% merupakan komposisi paling optimal dalam meningkatkan ketahanan campuran terhadap air.

Analisis Perbandingan Karakteristik Marshall AC-WC

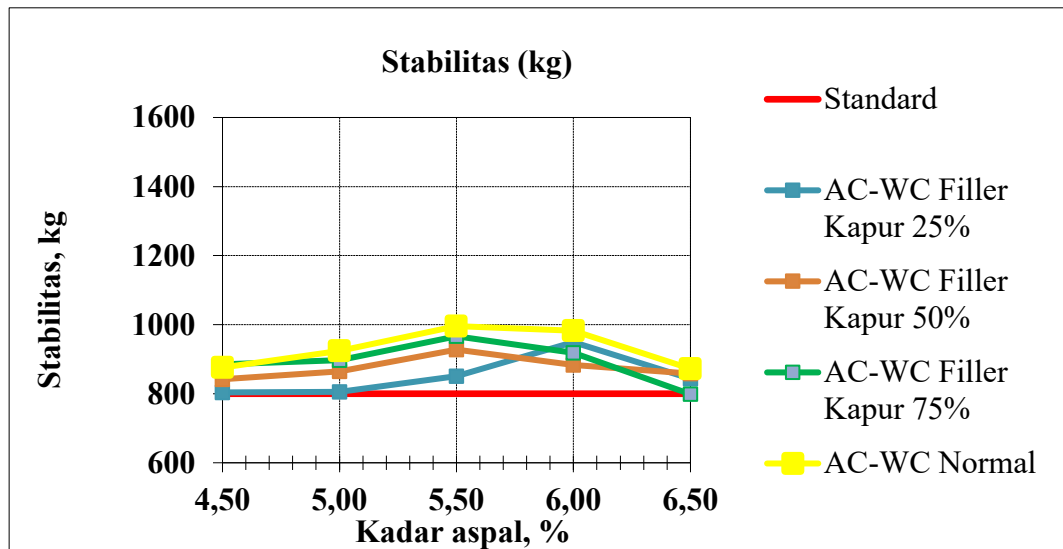
Analisis perbandingan karakteristik ini bertujuan untuk menilai pengaruh penggunaan material substitusi berupa kaca, kapur, serta kombinasi optimal keduanya terhadap performa campuran beraspal AC-WC normal. Evaluasi dilakukan terhadap sejumlah parameter, yaitu kepadatan (density), stabilitas (stability), kelelahan (flow), kadar rongga dalam campuran (VIM Marshall), rongga dalam agregat mineral (VMA), dan persentase rongga yang terisi aspal (VFB). Hasil analisis dan perbandingan tiap parameter disajikan berdasarkan variasi bahan yang digunakan dalam campuran.



Gambar 6. Nilai Kepadatan

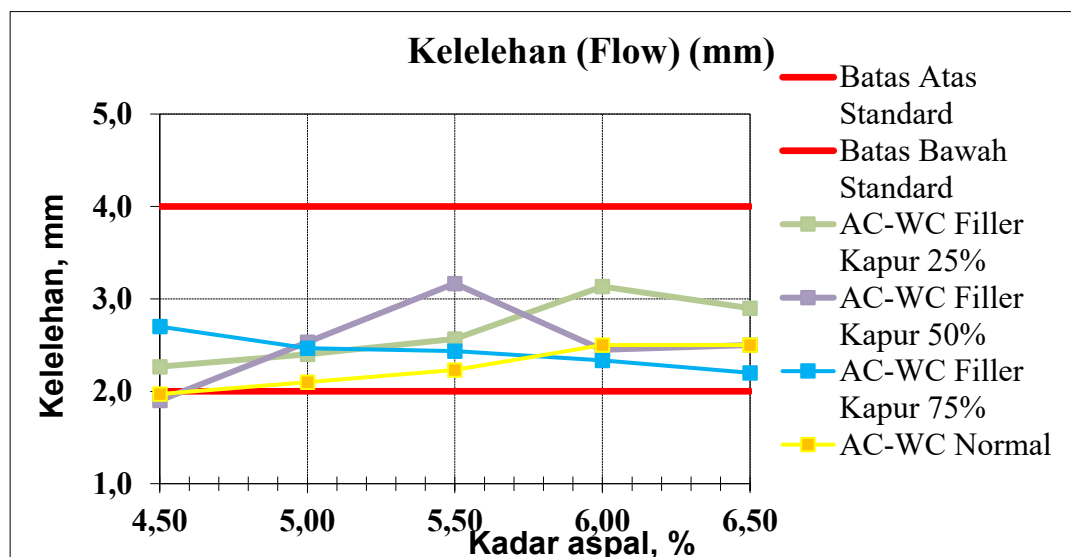
Nilai kepadatan pada campuran laston lapis aus dengan penggunaan kapur sebagai bahan pengganti filler sebesar 25% dan 50% menunjukkan kecenderungan meningkat,

meskipun peningkatannya tidak terlalu signifikan. Namun, pada kadar aspal 6%, terjadi penurunan kepadatan dibandingkan kadar aspal 5,5%, sebelum akhirnya kembali meningkat pada kadar aspal 6,5%. Sementara itu, pada komposisi kapur 75%, kepadatan terus menunjukkan tren meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan.



Gambar 7. Stabilitas

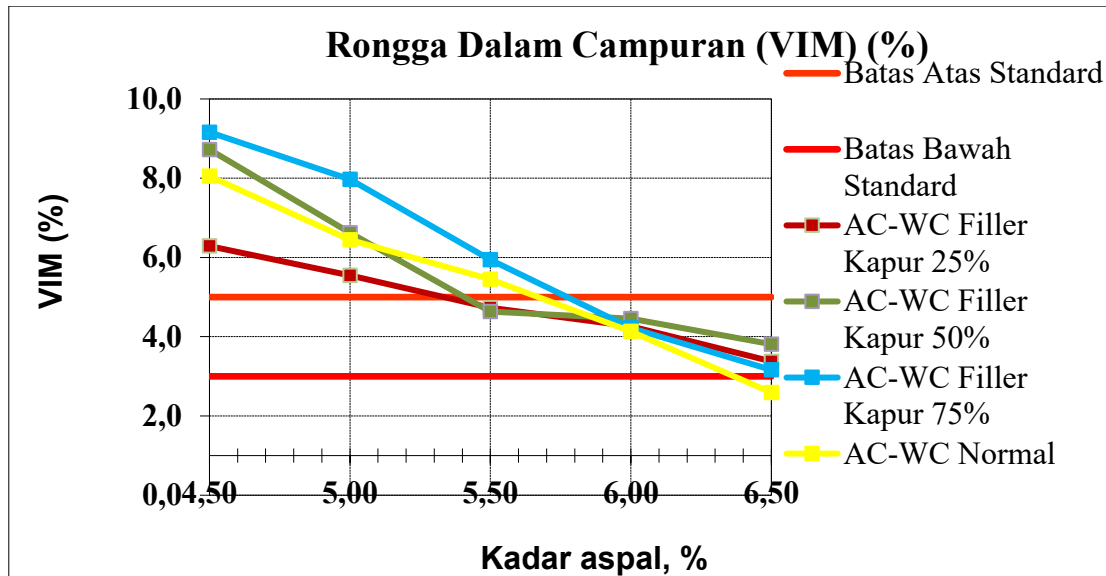
Campuran dengan kapur 0% mempunyai nilai yang lebih tinggi, sedangkan nilai stabilitas cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya nilai kadar kapur yang digunakan, tetapi tetap masih dalam syarat yang diijarkan. Namun, nilai tersebut bertolak belakang dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan.



Gambar 8. Kelelahan

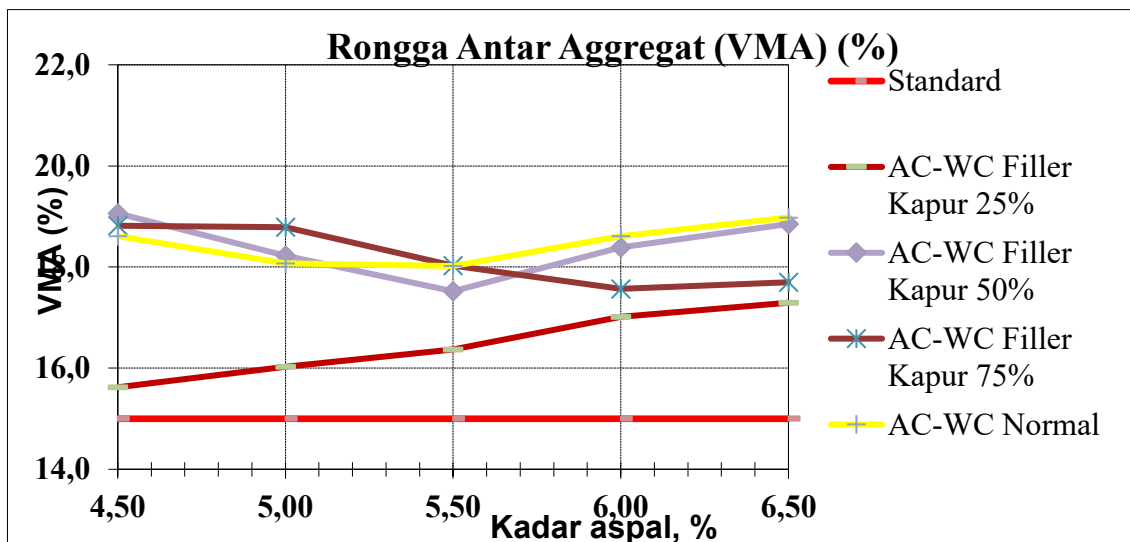
Campuran aspal AC-WC dengan filler kapur menunjukkan peningkatan nilai

kelelehan seiring bertambahnya persentase kapur yang digunakan. Namun, pada kadar aspal 6% hingga 6,5%, nilai kelelehan justru mengalami penurunan. Sehingga nilai kadar kapur yang mempunyai nilai flow tertinggi yaitu sebesar 50%.



Gambar 9. Rongga Dalam Campuran

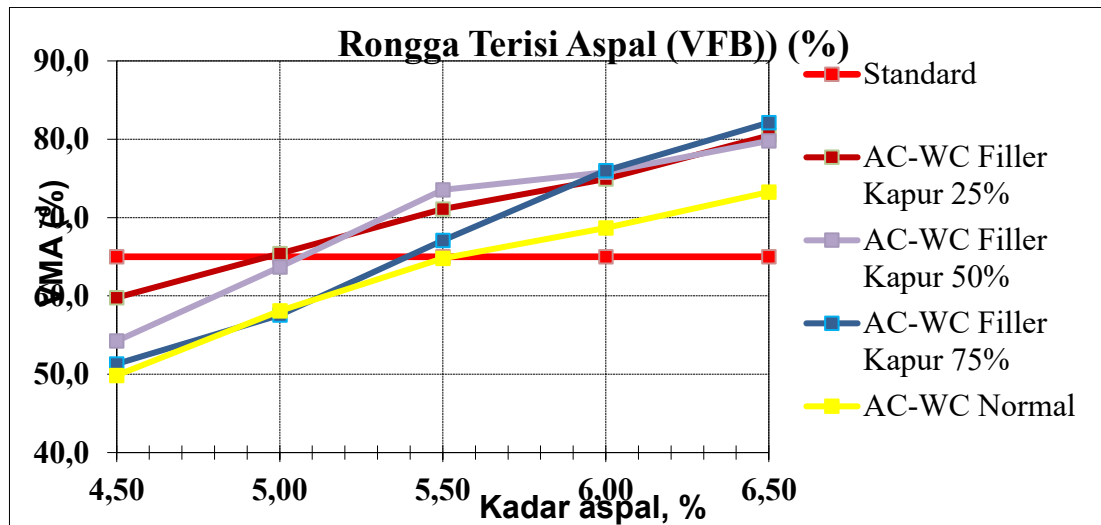
Rongga dalam campuran (VIM) menunjukkan penurunan seiring dengan bertambahnya kadar kapur dan kadar aspal yang digunakan. Nilai kadar aspal yang memenuhi sesuai dengan batas atas dan batas bawah yang diisyaratkan yaitu pada kadar 5,5% - 6,4%.



Gambar 10. Rongga Antar Agregat

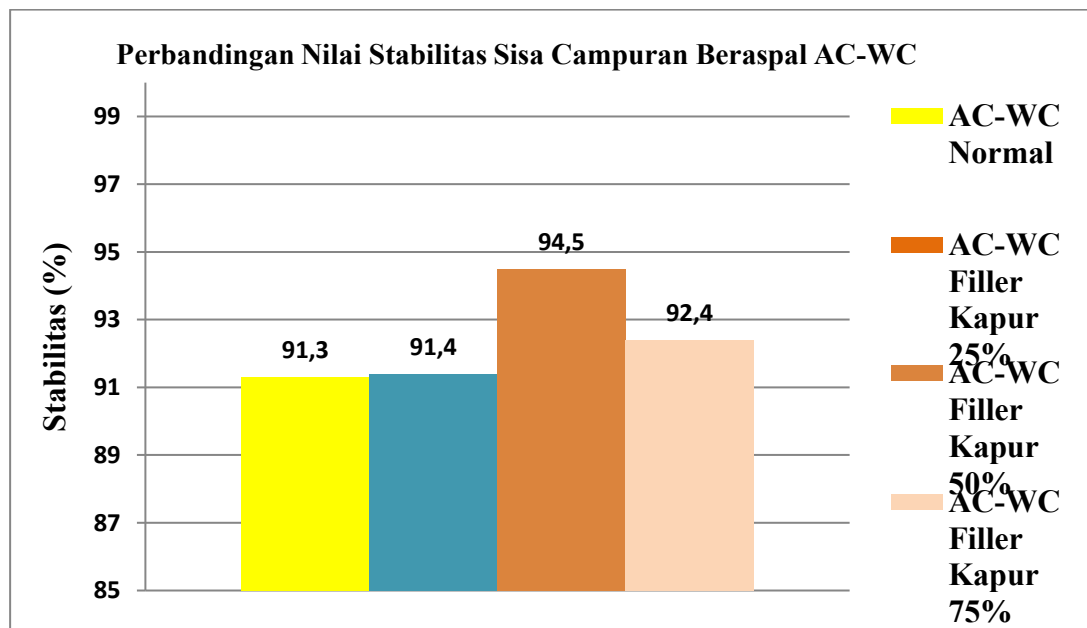
Grafik menunjukkan bahwa campuran aspal AC-WC dengan filler kapur mengalami peningkatan nilai rongga antar agregat (VMA) seiring bertambahnya persentase kapur. Namun, jika dibandingkan dengan campuran AC-WC normal, nilai VMA pada campuran dengan kapur

tetap lebih rendah, meskipun peningkatan tetap terjadi seiring dengan penambahan kadar aspal.



Gambar 11. Rongga Terisi Aspal

Grafik menunjukkan bahwa campuran aspal AC-WC dengan filler kapur memiliki pola yang relatif serupa, di mana nilai rongga yang terisi aspal (VFB) meningkat seiring dengan bertambahnya persentase kapur yang digunakan, jika dibandingkan dengan campuran normal.



Gambar 12. Perbandingan Nilai Stabilitas Sisa Campuran Beraspal Ac-Wc

Grafik menunjukkan bahwa penambahan kapur sebagai filler dalam campuran aspal AC-WC memberikan pengaruh terhadap nilai stabilitas sisa. Campuran tanpa kapur (AC-WC normal) memiliki nilai stabilitas sebesar 91,3%. Dengan penambahan kapur sebesar 25%, nilai tersebut meningkat sedikit menjadi 91,4%. Nilai tertinggi tercapai pada kadar kapur 50% dengan stabilitas sisa sebesar 94,5%, menandakan performa terbaik

dalam ketahanan terhadap air. Namun, saat kadar kapur dinaikkan menjadi 75%, nilai stabilitas justru menurun menjadi 92,4%. Meskipun nilainya masih lebih tinggi dari campuran normal, penurunan ini menunjukkan bahwa penggunaan kapur yang berlebihan kurang efektif. Dengan demikian, kadar 50% kapur merupakan komposisi paling optimal dalam meningkatkan stabilitas sisa campuran AC-WC.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis dalam penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut; (1) Pemanfaatan kapur sebagai bahan substitusi filler pada campuran AC-WC memberikan pengaruh terhadap peningkatan karakteristik Marshall, terutama pada aspek stabilitas dan stabilitas sisa. (2) Komposisi kapur sebesar 50% terbukti memberikan performa paling baik, ditunjukkan dengan nilai stabilitas sisa tertinggi sebesar 94,5%, melebihi campuran tanpa kapur maupun variasi kadar lainnya. (3) Kadar Aspal Optimum (KAO) menunjukkan tren peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar kapur yang digunakan. (4) Nilai kelelehan (flow) tertinggi ditemukan pada campuran dengan kadar kapur 50%, namun terjadi penurunan flow saat kadar kapur ditingkatkan menjadi 75%. (5) Rongga dalam campuran (VIM) mengalami penurunan bersamaan dengan peningkatan kadar kapur dan kadar aspal, meskipun nilainya masih berada dalam batas yang dipersyaratkan. Penggunaan kapur hingga kadar 75% tidak menunjukkan keunggulan performa yang berarti, bahkan menyebabkan penurunan beberapa parameter teknis campuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, S. (2024). *Pengaruh Substitusi Hydrated Lime Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Ac-Wc (Asphalt Concrete-Wearing Course)*. Universitas muhammadiyah parepare.
- Albayati, A. H. K., & Mohammed, A. M. (2016). Effect of lime addition methods on performance related properties of asphalt concrete mixture. *Journal of Engineering*, 22(9), 1–20.
- Andri, A. S., & Pratiwi, N. P. (2012). Pengaruh penggunaan kapur sebagai bahan pengisi (filler) terhadap karakteristik campuran beton aspal lapis aus (AC-WC). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi*, 2, 88–104.
- ASTM C-25. (2019). *Standard test methods for chemical analysis of limestone, quicklime, and hydrated lime* (Vol. 08).
- Atirah, N. (2024). *Pengaruh Penggunaan Serbuk Batu Kapur Sebagai Substitusi Filler Pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (Asphalt Concrete Wearing Course/Ac-Wc) Terhadap Nilai Uji Marshall*. Universitas Muhammadiyah Parepare.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2020). *Spesifikasi umum Bina Marga 2018 untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan* (Revisi 2). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Gani, A. G., Putri, E. E., Adj, B. M., Hakam, A., & Makinda, J. (2023). Investigation on the performance of limestone as filler on various pavement mixtures. *International*

- Journal of Civil Engineering and Technology*, 14(2), 177–189.
- Gani, A. G., et al. (2023). Limestone resources for road construction in Indonesia. *Geomate Journal*, 25(111), 41–48. <https://geomatejournal.com/geomate/article/view/3936>
- Irwanto, T. J., & Qadar, T. (2019). Influence of replacement Portland cement with white limestone powder from Madura as filler on hot asphalt mixture (ACWC) on Marshall characteristic. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 673(1), 012034. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/673/1/012034>
- Kakar, M. R., Valentin, J., & Ahmad, N. (2022). Moisture susceptibility and performance of asphalt mixtures incorporating limestone filler. *Construction and Building Materials*, 328, 127037. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127037>
- Pradani, N. (2023). *Pengaruh Penggunaan Material Perkerasan Jalan Daur Ulang dan Asbuton Butir Terhadap Kinerja Campuran Beraspal= The Effect of Recycled Material and Buton Granular Asphalt (BGA) on Asphalt Concrete Mixture Performance*. Universitas Hasanuddin.
- Putra, R. R. S. (2024). *Analisis Metode Rawatan Beton menggunakan Campuran Serbuk Kapur Terhadap Kuat Tekan, Modulus Elastisitas dan Kuat Lentur Beton*. Universitas Islam Indonesia.
- Pomantow, S. Y., Jansen, F., & Waani, J. E. (2019). Kinerja campuran AC-WC dengan menggunakan. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 219–228.
- Remisova, E. (2015). Study of mineral filler effect on asphalt mixtures properties. In *Bituminous Mixtures and Pavements VI* (pp. 401–406). CRC Press.
- Tumpu, M., Tjaronge, M. W., Djamaluddin, A. R., Amiruddin, A. A., & La One. (2020). Effect of limestone and Buton Granular Asphalt (BGA) on density of asphalt concrete wearing course (AC-WC) mixture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 419(1), 012029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/419/1/012029>
- Yusoff, N. I. M., Zoorob, S. E., & Read, J. M. (2021). Effect of filler type and content on the performance of asphalt mastics. *Construction and Building Materials*, 278, 122374. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122374>



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)