

Pengaruh Genangan Air Terhadap Kerusakan Jalan Aspal (AC-WC)

Siti Rahayu & Lizar

Program Studi Teknik Perancangan Jalan Dan Jembatan, Jurusan Teknik sipil
Poleteknik Negeri Bengkalis, Indonesia

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh genangan air terhadap kinerja campuran aspal AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) melalui uji perendaman berkelanjutan dengan mempertimbangkan karakteristik material dan kondisi lingkungan. Semua material penyusun, termasuk agregat kasar, agregat halus, Filler, dan aspal, telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Pengujian dilakukan pada campuran dengan variasi kadar aspal (4%–6%) untuk menentukan kadar optimal dan mengevaluasi ketahanan terhadap perendaman dan suhu tinggi. Hasil menunjukkan bahwa kadar aspal 5,5% merupakan satu-satunya yang memenuhi seluruh parameter Marshall sesuai standar. Void in Mineral Aggregate (VMA) dengan nilai 17,05%, Void in The Mix (VITM) dengan nilai 4,83%, dan Void Filled With Asphalt (VFWA) dengan nilai 70,76%. Uji perendaman menunjukkan bahwa genangan air dan pengaruh suhu berdampak negatif terhadap stabilitas dan durabilitas campuran, sementara flow meningkat, mengindikasikan pelunakan campuran. Temuan ini menegaskan bahwa genangan air mempercepat degradasi struktural aspal dalam jangka panjang, sehingga perencanaan drainase dan pemilihan material tahan air menjadi krusial dalam konstruksi jalan.

Kata Kunci: AC-WC, Genangan Air, Kerusakan Jalan, Karakteristik Marshall, Perendaman.

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of water immersion on the performance of AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) mixtures through continuous immersion testing, taking into account material characteristics and environmental conditions. All constituent materials, including coarse aggregate, fine aggregate, filler, and asphalt, have met the 2018 General Specifications for Road Construction. The tests were conducted on mixtures with varying asphalt contents (4%–6%) to determine the optimal content and evaluate resistance to immersion and high temperatures. The results showed that an asphalt content of 5.5% was the only one that met all Marshall parameters according to the standard. Void in Mineral Aggregate (VMA) was 17.05%, Void in The Mix (VITM) was 4.83%, and Void Filled with Asphalt (VFWA) was 70.76%. The immersion test showed that waterlogging and temperature had a negative impact on the stability and durability of the mixture, while the flow increased, indicating softening of the mixture. These findings confirm that water pooling accelerates the long-term structural degradation of asphalt, making drainage planning and the selection of water-resistant materials crucial in road construction.

Keywords: AC-WC, Asphalt Pavement, Immersion Test, Marshall Characteristics, Waterlogging



This article is [licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

*Corresponding Author:

E-Mail : sitirahayukdp24@gmail.com

Address : Jl. Batin alam

Page: 51-63

OPEN  ACCESS

PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan salah satu prasarana transportasi yang memegang peranan sangat vital dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, memperlancar distribusi barang dan jasa, serta menunjang kelancaran mobilitas masyarakat [1]. Sebagai bagian dari infrastruktur transportasi darat, keberadaan jalan yang berkualitas dan berfungsi optimal menjadi faktor penentu dalam mewujudkan konektivitas antarwilayah yang efektif dan efisien. Perkerasan jalan, khususnya yang menggunakan konstruksi lentur, berperan sebagai elemen utama dalam menopang beban lalu lintas, meredam guncangan, serta memberikan rasa aman dan nyaman bagi para pengguna jalan. Lapisan perkerasan yang terencana dengan baik tidak hanya meningkatkan kualitas pelayanan transportasi, tetapi juga memperpanjang umur layanan (*service life*) jalan itu sendiri. Namun, kondisi ideal tersebut sering kali tidak dapat dipertahankan akibat berbagai faktor eksternal yang memengaruhi kinerja perkerasan. Salah satu faktor yang sangat berpengaruh, terutama di wilayah dengan curah hujan tinggi, adalah genangan air pada permukaan jalan. Di daerah seperti Kabupaten Bengkalis, fenomena kerusakan jalan akibat genangan air telah menjadi masalah yang umum dan berulang setiap tahun. Kerusakan ini tidak hanya berdampak pada penurunan kenyamanan berkendara, tetapi juga berimplikasi pada meningkatnya biaya pemeliharaan dan rehabilitasi jalan yang harus ditanggung pemerintah maupun masyarakat.

Peningkatan durasi dan intensitas hujan dalam beberapa tahun terakhir dapat memberikan dampak signifikan terhadap kestabilan konstruksi jalan. Hasil dari berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa curah hujan yang tinggi berpotensi menjadi salah satu faktor utama penyebab kerusakan infrastruktur jalan. Salah satu dampak yang sering terjadi adalah erosi tanah akibat limpasan air hujan, yang dapat mengikis lapisan penopang jalan dan mempercepat terjadinya kerusakan. Kondisi ini kerap dijumpai pada jalan-jalan utama, sehingga menghambat fungsi jalan secara optimal. Jika kerusakan tersebut tidak segera diatasi, maka akan berdampak pada menurunnya kualitas layanan transportasi, terganggunya mobilitas masyarakat, serta meningkatnya biaya perawatan dan perbaikan jalan [2].

Lapisan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dirancang untuk memberikan permukaan jalan yang halus, tahan aus, dan mampu melindungi lapisan di bawahnya dari kerusakan akibat beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan. Namun, sifatnya yang langsung bersentuhan dengan kondisi lingkungan menjadikan lapisan ini sangat rentan terhadap kerusakan akibat infiltrasi air. Air yang meresap ke dalam AC-WC dapat memicu terbentuknya retakan mikro (*microcracks*), menurunkan kohesi aspal, serta memengaruhi daya dukung tanah dasar akibat fluktuasi kadar air tanah [3]. Seiring bertambahnya durasi perendaman, kerusakan yang diakibatkan oleh air semakin signifikan. Proses perendaman jangka panjang dapat menyebabkan gangguan stabilitas mekanik campuran, menurunkan kekuatan ikatan aspal-agregat, serta mempercepat degradasi fisik lapisan perkerasan [4]. Salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengamati fenomena ini adalah fluktuasi nilai stabilitas Marshall, di mana ketidakaturan nilai menunjukkan adanya penurunan kemampuan campuran dalam

mempertahankan kekuatannya. Hal ini berimplikasi langsung pada menurunnya Indeks Kekuatan Sisa (IKS), yang merupakan parameter penting dalam menilai durabilitas perkerasan jalan [5].

Selain perendaman kontinu, perendaman periodik atau berkala juga memberikan efek merugikan yang cukup signifikan. Dalam kedua kondisi tersebut, penetrasi air ke dalam struktur jalan berpotensi merusak ikatan antar partikel agregat dengan aspal. Ketika ikatan ini rusak, integritas struktural perkerasan menurun sehingga jalan menjadi lebih rentan terhadap deformasi permanen, retak, dan kerusakan lainnya [6]. Keberadaan genangan yang berkepanjangan juga berkontribusi terhadap peningkatan kadar jenuh pada lapisan tanah dasar di bawah perkerasan, yang pada akhirnya mempercepat munculnya kerusakan pada lapisan permukaan maupun lapisan di bawahnya [7]. Pengaruh air terhadap perkerasan tidak hanya terbatas pada aspek mekanis, tetapi juga pada sifat fisik dan kimia material penyusunnya seperti agregat, genangan air yang besar pada lapisan permukaan agregat merupakan faktor yang paling berpengaruh. Genangan air dapat menyebabkan lepasnya agregat dari lapisan permukaan (*raveling*) [8]. Lepasnya lapisan permukaan membuat permukaan jalan menjadi tidak rata, mengurangi kenyamanan berkendara dan meningkatkan potensi kecelakaan.

Berdasarkan latar belakang dan temuan studi sebelumnya, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis secara komprehensif pengaruh perendaman berkelanjutan terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC, dengan tujuan memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai mekanisme kerusakan akibat air serta rekomendasi teknis untuk mitigasinya di lapangan.

METODE

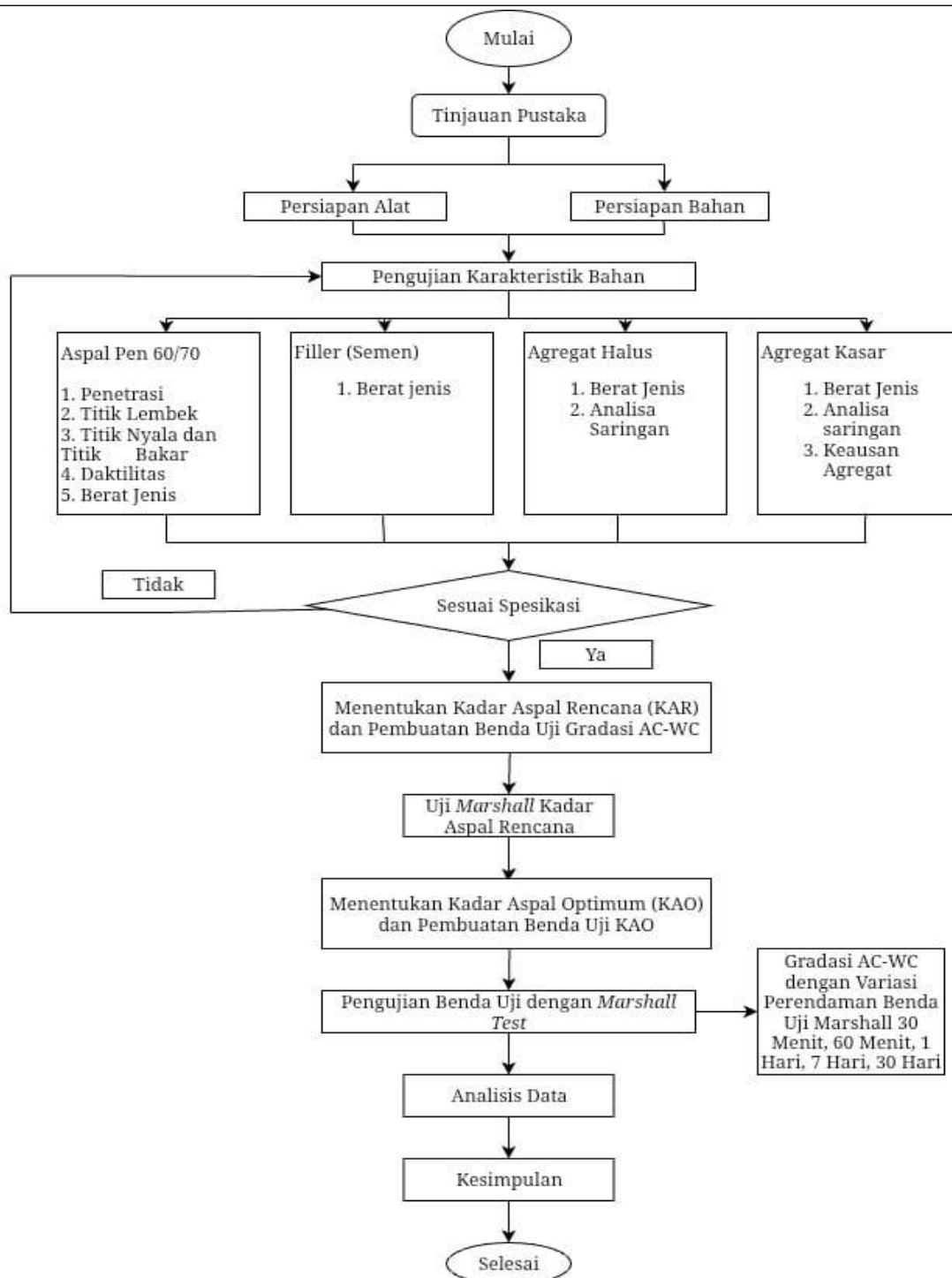
Pembuatan Benda uji KAR (Kadar Aspal Rencana)

Dalam pembuatan benda uji kadar aspal rencana ini menggunakan variasi mulai dari 4%, 4,5%, 5%, 5,5% dan 6%. Penggunaan variasi ini bertujuan untuk perbandingan dalam mencari kadar aspal optimum. Dari setiap variasi yang digunakan masing-masing dibuat tiga benda uji. Jumlah total benda uji kadar aspal rencana yang digunakan sebanyak 15 benda uji. Adapun komposisi benda uji dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Benda Uji KAR (Kadar Aspal Rencana)

Kadar Aspal	Berat						Satuan	Jumlah Sampel
	Total	Aspal	Agregat					
			Kasar	Halus	Filler	Total		
4	1200	48	550,31	590,17	11,52	1152	gram	3 Buah
4,5	1200	54	547,44	587,10	11,46	1146	gram	3 Buah
5	1200	60	544,58	584,02	11,4	1140	gram	3 Buah
5,5	1200	66	541,71	580,95	11,34	1134	gram	3 Buah
6	1200	72	538,85	577,87	11,28	1128	gram	3 Buah

Sumber: Data Diolah



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir tersebut menjelaskan tahapan penelitian pengujian campuran beraspal AC-WC menggunakan metode Marshall. Proses diawali dengan tinjauan pustaka, kemudian dilakukan persiapan alat dan bahan. Selanjutnya, bahan yang digunakan diuji karakteristiknya, meliputi aspal (penetrasi, titik lembek, titik nyala dan titik bakar, daktalitas, serta berat jenis), filler/semen (berat jenis), agregat halus (berat jenis dan analisa saringan), serta agregat kasar (berat jenis, analisa saringan, dan keausan).

Apabila hasil pengujian memenuhi spesifikasi, maka ditentukan kadar aspal rencana (KAR) dan dibuat benda uji dengan gradasi AC-WC. Benda uji kemudian diuji dengan Marshall untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO), yang selanjutnya diuji lagi menggunakan Marshall Test dengan variasi perendaman 30 menit, 60 menit, 1 hari, 7 hari, hingga 30 hari. Hasil pengujian dianalisis untuk memperoleh data, dan pada tahap akhir dibuat kesimpulan dari penelitian. Dalam penelitian ini semua prosedur dan spesifikasi yang digunakan mengacu pada Spesifikasi umum 2018 untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan [9].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Karakteristik Agregat

Karakteristik agregat sangat memengaruhi mutu agregat sebagai bahan utama dalam konstruksi perkerasan jalan, karena agregat merupakan material yang memiliki sifat keras dan kaku. Agregat dengan mutu tinggi diperlukan terutama pada lapisan permukaan jalan yang berfungsi untuk menahan beban dari roda kendaraan dan mendistribusikannya ke lapisan struktur di bawahnya[10]. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar, agregat halus, serta bahan pengisi (Filler) dapat dilihat pada Tabel 2 berikut [11], [12], [13], [14].

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, seluruh material yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 [15] . Agregat kasar memiliki berat jenis di atas 2,5, penyerapan air sebesar 1,54% yang berada di bawah batas maksimum 3%, serta nilai keausan 17,64% yang lebih rendah dari batas maksimum 40%, sehingga menunjukkan massa jenis yang memadai, daya serap yang rendah, dan ketahanan aus yang baik. Agregat halus juga memiliki berat jenis di atas 2,5 dan penyerapan air hanya sebesar 0,746%, sehingga bersifat stabil terhadap pengaruh kelembaban. Sementara itu, bahan pengisi berupa semen memiliki berat jenis sebesar 3,02 yang berada dalam rentang persyaratan 3,00–3,20, sehingga dapat meningkatkan kepadatan dan kestabilan campuran. Dengan demikian, seluruh material dinyatakan layak digunakan untuk pembuatan sampel Marshall.

Pengujian Karakteristik Aspal

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar, agregat halus, serta bahan pengisi (Filler) dapat dilihat pada Tabel 3 berikut[15], [16],[17] [18], [19]. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.2, seluruh parameter aspal memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 [15]. Aspal memiliki daktilitas 163,7 cm, penetrasi 67,45, titik lembek 48°C, titik nyala 335°C, titik bakar 339°C, dan berat jenis 1,029, yang seluruhnya melampaui batas minimum SNI 2432-2011, SNI 2456-2011, SNI 2434-2011, SNI 2433-2011, dan SNI 2441-2011. Hal ini menunjukkan bahwa aspal memiliki kelenturan tinggi, stabil terhadap suhu, aman dari risiko kebakaran, serta memiliki massa jenis yang baik, sehingga layak digunakan sebagai material campuran Marshall.

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

No	Jenis Pengujian	Standar	Hasil Pengujian	Persyaratan	Keterangan
Agregat Kasar					
1	Berat Jenis Bulk 1	SNI 1969:2016	2,58	Min. 2,5	Memenuhi
2	Berat Jenis Bulk 2	SNI 1969:2016	2,61	Min. 2,5	Memenuhi
3	Berat Jenis Semu	SNI 1969:2016	2,66	Min. 2,5	Memenuhi
4	Penyerapan Air	SNI 1969:2016	1,54%	Maks. 3%	Memenuhi
5	Keausan Agregat	SNI 2417:2008	17,64%	Maks. 40%	Memenuhi
6	Analisa Saringan	SNI ASTM C136	-	-	
Agregat Halus					
1	Berat Jenis Bulk 1	SNI 1969:2016	2,62	Min 2,5	Memenuhi
2	Berat Jenis Bulk 2	SNI 1969:2016	2,64	Min 2,5	Memenuhi
3	Berat Jenis Semu	SNI 1969:2016	2,67	Min 2,5	Memenuhi
4	Penyerapan Air	SNI 1969:2016	0,74%	Maks. 3%	Memenuhi
5	Analisa Saringan	SNI ASTM C136	-	-	
Bahan Pengisi					
1	Berat jenis Semen	SNI 2531:2015	3,02	3,00 - 3,20	Memenuhi

Sumber: Data Diolah

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

No.	Jenis Pengujian	Standar	Hasil Pengujian	Persyaratan
1	Daktilitas	SNI 2432-2011	163,7	Min. 100
2	Penetrasi	SNI 2456-2011	67,45	Min. 50
3	Titik Lembek	SNI 2434-2011	48	Min. 48
4	Titik Nyala	SNI 2433-2011	335	Min. 232
5	Titik Bakar	SNI 2433-2011	339	Min. 232
6	Berat Jenis	SNI 2441-2011	1,029	$\geq 1,0$

Sumber: Data Diolah

Kadar Aspal Rencana (KAR)

Perhitungan kadar aspal rencana merupakan dasar untuk menjadi acuan dalam mencari kadar aspal optimum. Analisa kadar aspal rencana ini menjelaskan tentang pengaruh persentase kadar aspal terhadap nilai stabilitas, flow, VMA, VIM dan MQ. Kadar aspal ideal dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$Pb = 0,035 + (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,018 (\%Filler) + K$$

Keterangan:

Pb : Perkiraan kadar aspal rencana awal

CA: Nilai persentase agregat kasar

FA : Nilai persentase agregat halus

Filler : Bahan pengisi lolos saringan No.200

K : Konstanta (0,5 - 1,0 untuk AC (Asphalt Concrete) dan HRS (Hot Rolled Sheet)

Berdasarkan persamaan di atas, perkiraan kadar aspal rencana awal (Pb) adalah sebagai berikut :

" $P_b = 0,035 + (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,018 (\%Filler) + K$ "

" $P_b = 0,035 + (48) + 0,045 (51) + 0,018 (1) + 0,75$ "

" $P_b = 5\%$ "

Persentase aspal yang digunakan sebagai kadar rencana dalam penelitian ini adalah sebesar 5%. Untuk mendapatkan rentang data yang lebih luas diambil variasi di atasnya yaitu 5,5% dan 6%, serta dua variasi di bawahnya yaitu 4% dan 4,5%. Kelima variasi ini akan digunakan untuk membuat benda uji guna menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO).

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum merupakan jumlah aspal yang digunakan dalam campuran untuk memenuhi kriteria teknis, seperti stabilitas, flow, VMA, VIM, VFA, dan MQ. Penentuan kadar aspal optimum dilakukan untuk mengetahui besarnya kadar aspal efektif yang diperlukan dalam campuran, yang selanjutnya digunakan dalam pembuatan benda uji baru dengan komposisi agregat yang sama, namun dengan kadar aspal optimum yang telah diperoleh dari hasil pengujian Kadar Aspal Rencana (KAR). Persentase kadar aspal disajikan pada Tabel 4.

Analisa Pengaruh Variasi Rendaman Terhadap Karakteristik Marshall

Analisis yang akan dilakukan meliputi pemeriksaan pengaruh variasi waktu rendaman terhadap karakteristik Marshall, yaitu nilai stabilitas, flow, VMA, VFA, VIM, dan MQ. Adapun hasil analisis pengujian ini adalah sebagai berikut:

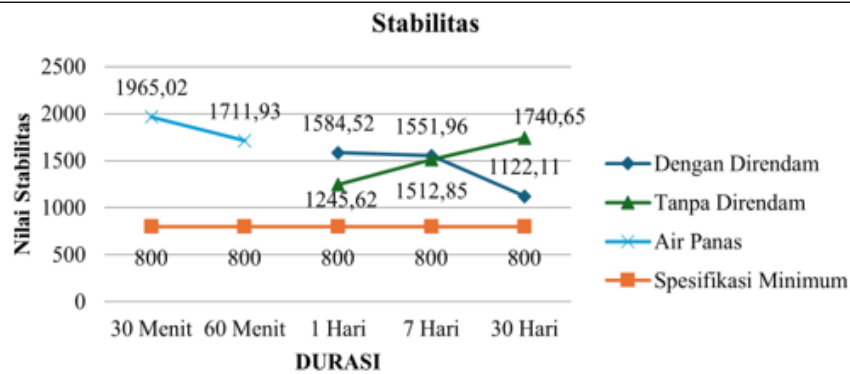
Grafik Gabungan Stabilitas

Perbandingan parameter gabungan 3 variasi (dengan rendaman, tanpa rendaman dan perendaman air panas) terhadap stabilitas dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 4. Persentase Kadar Aspal Terhadap Karakteristik Marshall

No.	Karakteristik <i>Marshall</i>	Satuan	Spesifikasi*)	Kadar Aspal				
				4	4,5	5	5,5	6
1	VMA (%)	%	Min.15	17,13	16,56	16,35	17,05	17,93
2	VITM (%)	%	Min.3-Maks.5	11,36	9,62	8,26	4,83	6,23
3	VFWA (%)	%	Min.65	33,80	41,94	49,89	70,76	73,44
4	Stabilitas (kg)	kg	Min.800	1101,47	1247,35	1562,76	1851,51	1644,09
5	Flow (mm)	Mm	Min.2 -Maks.4	2,60	2,30	2,30	2,20	2,50
6	MQ (kg/mm)	kg/mm	Min.250	430,52	539,81	669,49	827,91	645,53

Sumber: Data Diolah

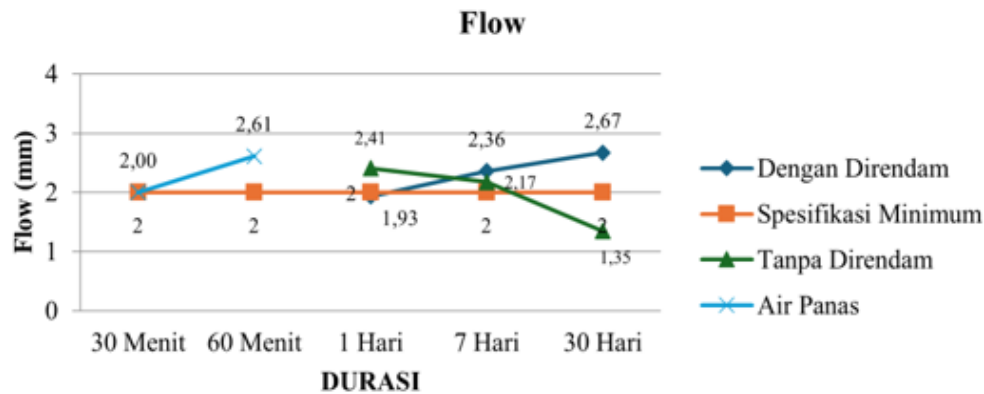


Gambar 2. Grafik Stabilitas Gabungan 3 Variasi

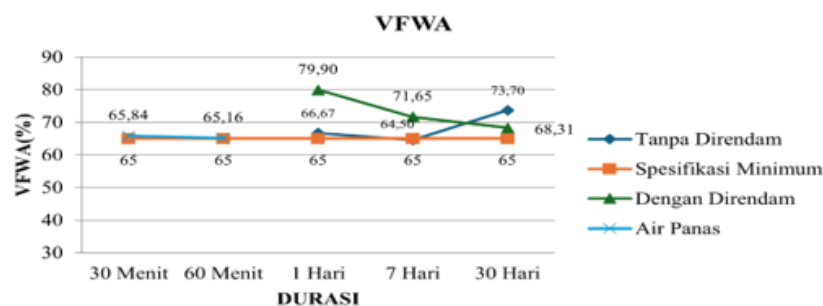
Berdasarkan grafik pada Gambar 2 stabilitas terhadap berbagai perlakuan dan durasi waktu, terlihat bahwa genangan air memiliki pengaruh signifikan terhadap penurunan nilai stabilitas. Pada perlakuan dengan perendaman, nilai stabilitas menunjukkan tren penurunan seiring bertambahnya durasi. Stabilitas yang awalnya berada pada 1584,52 setelah 1 hari perendaman, menurun menjadi 1551,96 pada hari ke-7, dan mencapai 1122,11 setelah 30 hari perendaman. Penurunan ini mengindikasikan bahwa genangan air secara bertahap melemahkan daya ikat antara agregat dan aspal, sehingga mengurangi kekuatan struktural campuran. Sebaliknya, pada sampel yang tidak direndam, nilai stabilitas justru menunjukkan tren peningkatan dari waktu ke waktu. Perlakuan air panas dalam durasi 30 dan 60 menit juga menunjukkan penurunan stabilitas dari 1965,02 menjadi 1711,93 spesifikasi minimum sebesar 800, namun penurunan akibat perendaman dalam jangka panjang mendekati ambang batas tersebut dan mengindikasikan potensi kerusakan dini jika genangan air dibiarkan terus terjadi.

Grafik Gabungan Flow

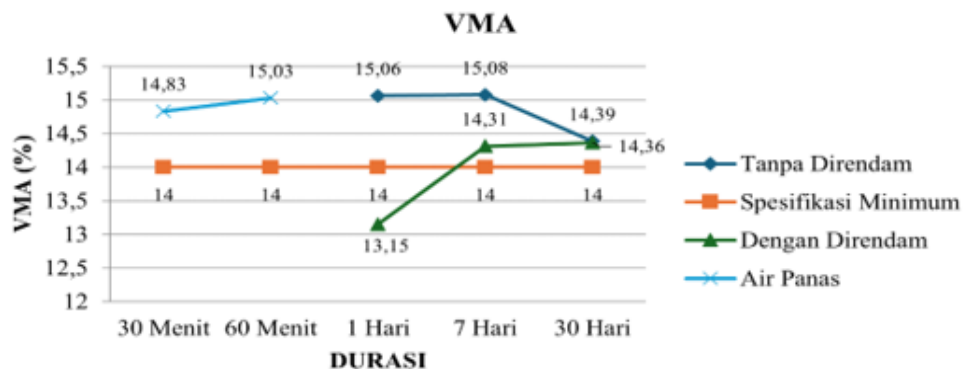
Perbandingan parameter gabungan 3 variasi (dengan rendaman, tanpa rendaman dan perendaman air panas) terhadap flow dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan grafik flow pada Gambar 3 di atas, terlihat bahwa nilai flow untuk semua perlakuan umumnya berada di sekitar atau sedikit di atas spesifikasi minimum sebesar 2. Pada sampel yang direndam, nilai flow menunjukkan tren meningkat dari 1,93 menjadi 2,17 pada hari ke-7, dan mencapai 2,67 setelah 30 hari. Kenaikan ini mengindikasikan bahwa perendaman dalam jangka panjang dapat menyebabkan campuran menjadi lebih plastis atau lunak, yang berpotensi menurunkan ketahanan terhadap deformasi. flow justru menurun dari 2,41 menjadi 2,17 pada hari ke 7 hari, dan turun drastis menjadi 1,35 pada hari ke-30. Penurunan ini menunjukkan kecenderungan meningkatnya kekakuan pada campuran yang tidak mengalami genangan, yang bisa memperbesar risiko retak karena kehilangan fleksibilitas. Perlakuan air panas memperlihatkan peningkatan flow yang cukup signifikan dalam waktu singkat, dari 2,00 menjadi 2,61 hanya dalam 60 menit, menandakan bahwa suhu tinggi dapat menyebabkan aspal melunak lebih cepat. Secara umum, nilai flow yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah sama-sama tidak diinginkan, karena dapat menyebabkan deformasi atau retak.



Gambar 3. Grafik Gabungan Flow 3 Variasi



Gambar 4. Grafik Gabungan VFWA 3 Variasi



Gambar 5. Grafik Gabungan VMA 3 Variasi

Grafik Gabungan VFWA (Void Filled With Asphalt)

Perbandingan parameter gabungan 3 variasi (dengan rendaman, tanpa rendaman dan perendaman air panas) terhadap VFWA dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan grafik pada Gambar 4, terlihat bahwa nilai VFWA untuk perlakuan tanpa direndam menunjukkan peningkatan dari 66,67% pada hari pertama menjadi 64,50% pada hari ketujuh, dan mencapai 73,70% setelah 30 hari. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa adanya genangan air, aspal semakin efektif mengisi pori-pori agregat seiring waktu. Sebaliknya, pada perlakuan dengan perendaman, nilai VFWA cenderung fluktuatif, yaitu dari 79,90 persen pada hari pertama turun menjadi 64,50% pada hari ketujuh, kemudian meningkat menjadi 73,70% pada hari ke-30. Penurunan tajam pada hari

ketujuh mengindikasikan bahwa genangan air berpotensi mengganggu ikatan aspal dan menyebabkan pelepasan ikatan aspal-agregat atau stripping. Pada perlakuan air panas, nilai VFWA cenderung stabil berkisar antara 65%, yang tidak berbeda jauh dari spesifikasi minimum. Keseluruhan nilai VFWA masih berada di atas batas minimum 65%, namun fluktuasi akibat perendaman menunjukkan adanya risiko penurunan kualitas ikatan dalam jangka panjang.

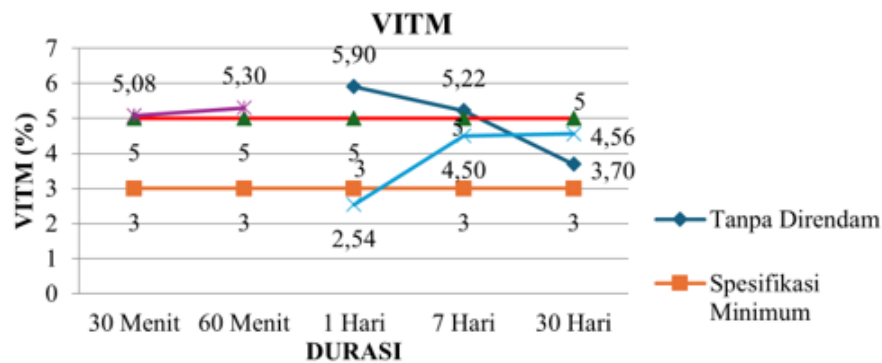
Grafik Gabungan VMA (*Void in Mineral Aggregate*)

Perbandingan parameter gabungan 3 variasi (dengan rendaman, tanpa rendaman dan perendaman air panas) terhadap VMA dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan grafik pada Gambar 5, pada perlakuan tanpa direndam, nilai VMA relatif stabil di angka sekitar 15,06% pada hari pertama dan sedikit meningkat menjadi 15,08% pada hari ketujuh, lalu menurun menjadi 14,39% pada hari ke-30. Nilai ini masih di atas spesifikasi minimum sebesar 14%, yang menunjukkan bahwa volume rongga masih cukup untuk menampung aspal dalam jumlah memadai. Sebaliknya, perlakuan dengan perendaman mengalami nilai awal yang cukup rendah yaitu 13,15% pada hari pertama, di bawah spesifikasi minimum. Namun, nilai tersebut meningkat secara signifikan menjadi 14,31% pada hari ketujuh dan mencapai 14,39% pada hari ke-30. Peningkatan ini menunjukkan adanya pemulihan struktur campuran yang semula terganggu akibat perendaman awal. Perlakuan air panas selama 30 hingga 60 menit menunjukkan nilai VMA yang stabil di atas batas minimum, yakni antara 14,83% - 15,03%. Secara keseluruhan, meskipun sebagian besar nilai VMA masih memenuhi standar, perendaman dalam waktu singkat dapat menyebabkan gangguan pada struktur agregat sehingga mengurangi ruang kosong yang tersedia. Hal ini dapat mengurangi kemampuan campuran untuk mengakomodasi aspal dan udara secara seimbang, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi durabilitas perkerasan jika terjadi secara terus-menerus di lapangan.

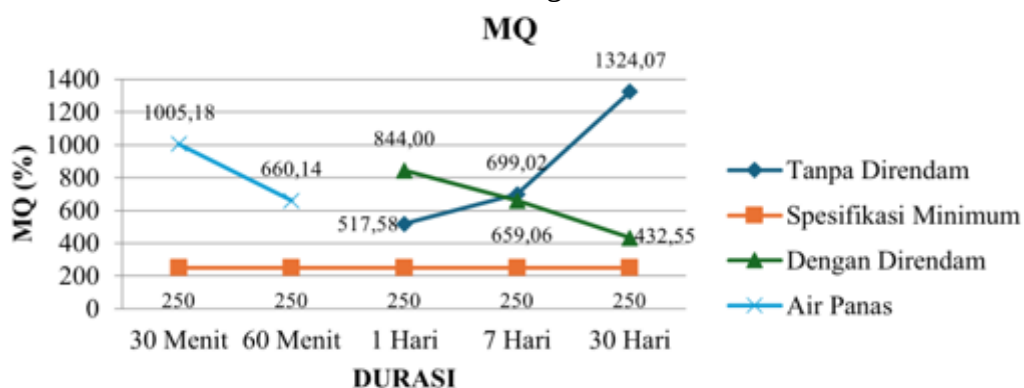
Gabungan VITM (*Void in Total Mix*)

Perbandingan parameter gabungan 3 variasi (dengan rendaman, tanpa rendaman dan perendaman air panas) terhadap VITM dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan grafik pada Gambar 6, nilai awal yang tinggi mengindikasikan keberadaan banyak rongga udara, yang dalam jangka pendek memberikan ruang ekspansi termal, tetapi dalam jangka panjang dapat berisiko jika tidak terisi dengan baik oleh aspal. Penurunan pada hari ke-30 menunjukkan adanya pemadatan alami pada campuran. Pada perlakuan dengan perendaman, nilai VITM awal sangat rendah yaitu 2,54% pada hari pertama, kemudian meningkat menjadi 4,50% pada hari ketujuh, dan 4,56% pada hari ke-30. Ini menunjukkan bahwa perendaman dapat mengganggu keseimbangan rongga awal, namun seiring waktu terjadi proses penyesuaian struktur campuran. Perlakuan air panas menunjukkan nilai yang cukup stabil di kisaran 5%, di atas batas maksimum yang disarankan, menandakan bahwa suhu tinggi cukup memengaruhi struktur rongga. Semua nilai VITM yang berada di luar rentang spesifikasi (3% - 5%) menunjukkan

bahwa baik kelebihan maupun kekurangan rongga udara perlu dikontrol karena dapat menyebabkan retak, penetrasi air, atau penurunan stabilitas.



Gambar 6. Grafik Gabungan VITM 3 Variasi



Gambar 7. Grafik Gabungan MQ 3 Variasi

Grafik Gabungan MQ (Marshall Quotient)

Perbandingan parameter gabungan 3 variasi (dengan rendaman, tanpa rendaman dan perendaman air panas) terhadap MQ dapat dilihat pada Gambar 7.

Berdasarkan grafik pada Gambar 7 terpapar air akan menjadi lebih kaku dan stabil terhadap beban. Sebaliknya, perlakuan dengan perendaman menunjukkan penurunan bertahap dari 844,00 kg/mm pada hari pertama menjadi 659,06 kg/mm pada hari ketujuh, dan turun drastis ke 432,55 kg/mm pada hari ke-30. Penurunan ini menandakan bahwa genangan air dapat melemahkan struktur campuran dan menurunkan ketahanannya terhadap deformasi permanen. Pada perlakuan air panas, nilai MQ menurun dari 1005,18 kg/mm menjadi 660,14 kg/mm dalam 60 menit, yang menunjukkan bahwa suhu tinggi dapat mengurangi kekakuan campuran. Sementara itu, garis spesifikasi minimum tetap berada pada angka 250 kg/mm, yang berarti bahwa semua perlakuan masih berada di atas batas minimum. Namun, tren penurunan yang dialami oleh campuran yang terendam menunjukkan bahwa dalam kondisi lapangan, keberadaan genangan dalam jangka panjang berpotensi menyebabkan campuran menjadi lebih lunak dan rentan terhadap kerusakan struktural.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa dari pengujian karakteristik campuran aspal lapisan AC-WC, maka ada beberapa kesimpulan yaitu:

- a. Semua karakteristik material baik untuk agregat kasar, agregat halus, Filler dan aspal yang digunakan telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 [15] sesuai dengan standar-standar nasional yang digunakan dalam spesifikasi tersebut.
- b. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik Marshall pada campuran aspal dengan kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%, diketahui bahwa kadar aspal 5,5% merupakan satu-satunya yang memenuhi seluruh persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 [15], mulai dari nilai VMA tercatat sebesar 17,05%, > 15%, nilai VITM 4,83%, yang masih berada dalam rentang yang disyaratkan yaitu 3% hingga 5%, nilai VFWA sebesar 70,76% > 65%, nilai Stabilitas Marshall yang diperoleh sebesar 1815,51 kg > 800 kg, nilai flow berada pada 2,20 mm berada dalam kisaran yang disyaratkan antara 2 mm hingga 4 mm, dan nilai MQ 827,91 kg/mm > 250 kg/mm. memenuhi persyaratan Standar Bina Marga Tahun 2018.
- c. Genangan air dan perendaman berkelanjutan selama 30 hari secara signifikan mempercepat penurunan kinerja campuran aspal AC-WC, terutama ditunjukkan oleh menurunnya stabilitas dan MQ serta meningkatnya nilai flow dan porositas. Meskipun parameter tersebut masih berada dalam batas spesifikasi sehingga jalan masih aman dan layak digunakan, kondisi ini mengindikasikan awal dari degradasi material akibat paparan air. Oleh karena itu, dalam perencanaan dan pengawasan kualitas perkerasan, prioritas utama harus diberikan pada stabilitas dan kekakuan struktural, serta pentingnya penerapan sistem drainase yang efektif untuk meminimalkan risiko kerusakan lebih lanjut akibat genangan air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. H. Naqamukti, A. Suryadi, and U. R. Pudjowati, "Menggunakan Variasi Kadar Filler Limbah Gypsum," vol. 5, pp. 99–108, 2024.
- [2] S. R. Harnaeni, F. P. Pramesti, A. Budiarto, and A. Setyawan, "A preliminary study of mechanistic approach in pavement design to accommodate climate change effects," IOP Conf Ser Earth Environ Sci, vol. 129, no. 1, 2018.
- [3] T. Hidayat Sunandar, "Jurnal Teslink : Teknik Sipil dan Lingkungan DENGAN PENDEKATAN GREEN ARSITEKTUR," vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2020, [Online]. Available: <https://teslink.nusaputra.ac.id/index10.52005/teslink.v115i1.xxx>
- [4] A. Khamid, "Pengaruh Genangan Air Hujan terhadap Kinerja Campuran Aspal Concere - Wearing Course (AC - WC)," Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia, vol. 4, no. 7, pp. 5–24, 2019.
- [5] I. Irwansyah and F. Rosyad, "Analisa Ketahanan Aspal Ac-Wc Terhadap Genangan Air Hujan," Rang Teknik Journal, vol. 6, no. 1, pp. 121–126, 2023, doi: 10.31869/rtj.v6i1.3504.

- [6] O. Sitohang, A. Laia, E. H. Manurung, and S. Puro, "Model Value of Residual Strength of Concrete Asphalt Pavement Consequences of Soaking of Rainwater and Seawater By Continuous and Periodic Methods," *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)*, vol. 6, no. 1, pp. 8–16, 2023, doi: 10.25105/cesd.v6i1.17152.
- [7] S. H. Haris, T. M. Kurniati Elsa Eka Putri Jati Sunaryati Yervi Hesna MT, and A. M. Andi Syukri Akhmad Suraji Bayu Budi Irawan Benny Hidayat Badrul Mustafa Darwizal Daoed Elsa Eka Putri DrEng Nevy Sandra Eng Prima Yane Putri Titi Kurniati MT Purnawan, "Andalas Civil Engineering Conference 2021 'Tantangan Inovasi Konstruksi Dalam Pembangunan Infrastruktur Indonesia' Editor".
- [8] F. Chairuddin, "Experimental study on the impact of rain water puddle of asphalt pavement structure," *AIP Conf Proc*, vol. 1903, no. March, 2017, doi: 10.1063/1.5011481.
- [9] S. Khusus and C. Panas, "Spek Khusus Campuran Panas dengan Asbuton-Des 2006," *Bina Marga*, pp. 1–30, 2006.
- [10] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*. 2016.
- [11] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 1969: 2016," *Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, no. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional, pp. 1–23, 2016.
- [12] Badan Standarisasi Nasional, "Sni 2417:2008," *Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles*, pp. 1–5, 2008.
- [13] Badan Standarisasi Nasional, "SNI ASTM C136:2012. Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar," *Badan Standardisasi Nasional*, pp. 1–24, 2012.
- [14] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 2531:2015, Metode uji densitas semen hidrolik (ASTM C 188-95 (2003), MOD)," *Standar Nasional Indonesia*, vol. 95, no. 2003, p. 14, 2015, [Online]. Available: http://infopk.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/22224
- [15] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018.
- [16] Badan Standarisasi Nasional., "Cara uji daktilitas aspal SNI 2432:2011," *Badan Standarisasi Nasional*, 2011.
- [17] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 2434:2011 Cara Uji Titik Lembek Aspal," *Badan Standardisasi Nasional* (2011), 2011.
- [18] SNI 2432:2011, "" *Standar Nasional Indonesia Cara uji penetrasi aspal*," *Badan Standardisasi Nasional*, 2011.
- [19] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 2433: 2011 Cara Uji Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal Dengan Alat Cleveland Open Up," *Badan Standardisasi Nasional*, pp. 1–18, 2011, [Online]. Available: www.bsn.go.id
- [20] Badan Standardisasi Nasional, "Cara uji berat jenis aspal keras, SNI 2441:2011," *Badan Standardisasi Nasional*, 2011.