

PENGARUH GENANGAN AIR LAUT TERHADAP KERUSAKAN JALAN ASPAL (AC-WC)

Avito miftahul ulum¹, Lizar²

Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Diploma IV Teknik Perancangan Jalan Dan Jembatan,
Politeknik Negeri Bengkalis

Email: alvitoduri@gmail.com¹, lizar@polbeng.ac.id²

Abstrak

Infrastruktur jalan di kawasan pesisir sering mengalami kerusakan dini akibat tergenang air banjir rob, salah satunya di Jalan Patimura, Kota Dumai. Penelitian ini menganalisis pengaruh durasi perendaman air laut terhadap karakteristik campuran aspal *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC) menggunakan pengujian Marshall. Material yang digunakan meliputi aspal penetrasi 60/70, agregat Tanjung Balai Karimun, dan semen Portland sebagai *filler*, yang seluruhnya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Berdasarkan pengujian laboratorium, Kadar Aspal Optimum (KAO) ditetapkan sebesar 5,5% dengan nilai stabilitas 1276,72 kg. Pengujian rendaman air laut dilakukan pada kondisi KAO dengan variasi durasi 1, 7, dan 50 hari. Hasil menunjukkan paparan air laut secara signifikan menurunkan performa campuran seiring bertambahnya waktu. Nilai stabilitas turun dari 2904,28 kg (hari ke-1) menjadi 2534,01 kg (hari ke-50), sedangkan kelelahan (*flow*) meningkat dari 2,7 mm menjadi 3,8 mm. Peningkatan rongga dalam campuran (VITM) hingga 5,18% mengindikasikan struktur melunak dan lebih porus. Meskipun parameter Marshall masih memenuhi batas minimum spesifikasi, tren penurunan stabilitas membuktikan air laut mempercepat degradasi aspal. Oleh karena itu, perencanaan jalan pesisir memerlukan drainase optimal dan material aspal yang lebih adaptif.

Kata Kunci: AC-WC, Air Laut, Karakteristik Marshall, Kerusakan Jalan, KAO.

Abstract

Coastal road infrastructure often suffers premature degradation due to tidal flood inundation, such as on Patimura Street, Dumai City. This study analyzes the effect of seawater immersion duration on the characteristics of Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) mixtures using Marshall testing. Materials used include 60/70 penetration asphalt, Tanjung Balai Karimun aggregates, and Portland cement as filler, all complying with the 2018 Bina Marga General Specifications. Laboratory testing established the Optimum Asphalt Content (OAC) at 5.5% with a stability value of 1,276.72 kg. Seawater immersion tests were conducted at OAC across 1, 7, and 50 days. Results indicate that seawater exposure significantly decreases mixture performance over time. Marshall stability dropped from 2,904.28 kg (day 1) to 2,534.01 kg (day 50), while flow increased from 2.7 mm to 3.8 mm. An increase in Voids in Total Mixture (VITM) up to 5.18% indicates structural softening and heightened porosity. Although Marshall parameters remained within minimum specifications, the declining stability trend proves seawater accelerates asphalt degradation. Consequently, coastal road planning requires optimized drainage systems and more adaptive asphalt materials.

Keywords: AC-WC, Seawater, Marshall Characteristics, Road Distress, OAC.

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur transportasi darat memiliki peran yang sangat krusial dalam mendukung roda perekonomian, mobilitas sosial, dan pemerataan pembangunan di suatu wilayah[1]. Di Indonesia, konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) yang menggunakan aspal jenis *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC) menjadi pilihan utama untuk lapisan permukaan jalan karena kemampuannya dalam memberikan kenyamanan berkendara, nilai estetika yang baik, serta ketahanan terhadap beban lalu lintas yang tinggi. Lapisan AC-WC dirancang sebagai lapis aus yang kedap air dan langsung bersentuhan dengan roda kendaraan, sehingga stabilitas dan durabilitasnya sangat menentukan umur rencana suatu ruas jalan..

Namun, kendala besar sering kali dihadapi pada jaringan jalan yang berada di kawasan pesisir pantai. Salah satu fenomena alam yang menjadi ancaman serius bagi keberlanjutan infrastruktur jalan di wilayah pesisir adalah banjir rob (genangan air laut). Kota Dumai, khususnya pada ruas Jalan Patimura, merupakan salah satu wilayah yang kerap mengalami genangan air laut akibat pasang surut air laut yang tinggi. Fenomena ini tidak hanya mengganggu aktivitas transportasi tetapi juga memicu kerusakan dini pada struktur perkerasan aspal sebelum mencapai umur rencana yang ditargetkan.

Air laut secara kimiawi memiliki karakteristik yang sangat berbeda dengan air tawar karena tingginya kandungan garam (salinitas) seperti Natrium Klorida (NaCl). Sifat korosif dan agresif dari air laut ini mampu

memperlemah ikatan adhesi antara aspal sebagai bahan ikat dengan agregat sebagai bahan pengisi [2]. Ketika permukaan jalan aspal AC-WC tergenang oleh air laut dalam jangka waktu tertentu, air akan masuk ke dalam pori-pori campuran melalui celah-celah mikro akibat tekanan hidrostatik dari beban lalu lintas kendaraan yang melintas. Proses ini memicu terjadinya pengelupasan lapisan aspal dari permukaan agregat (*stripping*). Dampak fisik yang ditimbulkan meliputi melunaknya struktur campuran aspal, meningkatnya porositas, serta hilangnya kohesi material yang berujung pada munculnya kerusakan berupa lubang-lubang (*potholes*), retak-retak (*cracking*), dan deformasi permanen[3].

Penelitian mengenai dampak air pada campuran aspal telah banyak dilakukan menggunakan pengujian Marshall standar untuk mereduksi kerusakan akibat air tawar. Namun, studi yang mengevaluasi performa aspal AC-WC secara spesifik akibat paparan variasi durasi rendaman air laut—terutama dalam jangka waktu panjang hingga puluhan hari—masih perlu dikembangkan guna memberikan data empiris yang lebih akurat mengenai laju penurunan kualitas perkerasan[4].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara mendalam pengaruh variasi durasi perendaman air laut terhadap karakteristik mekanis campuran aspal AC-WC. Pengujian laboratorium dilakukan dengan membandingkan parameter penentu metode Marshall (*Stabilitas*, *Flow*, *VITM*, *VMA*, dan *VFWA*) pada kondisi Kadar Aspal Optimum

(KAO) dengan variasi lama rendaman 1 hari, 7 hari, dan 50 hari. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah serta referensi teknis bagi para perencana dan pemangku kebijakan dalam menentukan strategi pemeliharaan jalan serta pemilihan material perkerasan yang lebih adaptif untuk kawasan pesisir pantai.

2. METODE

A. Pembuatan Benda uji KAR (Kadar Aspal Rencana)

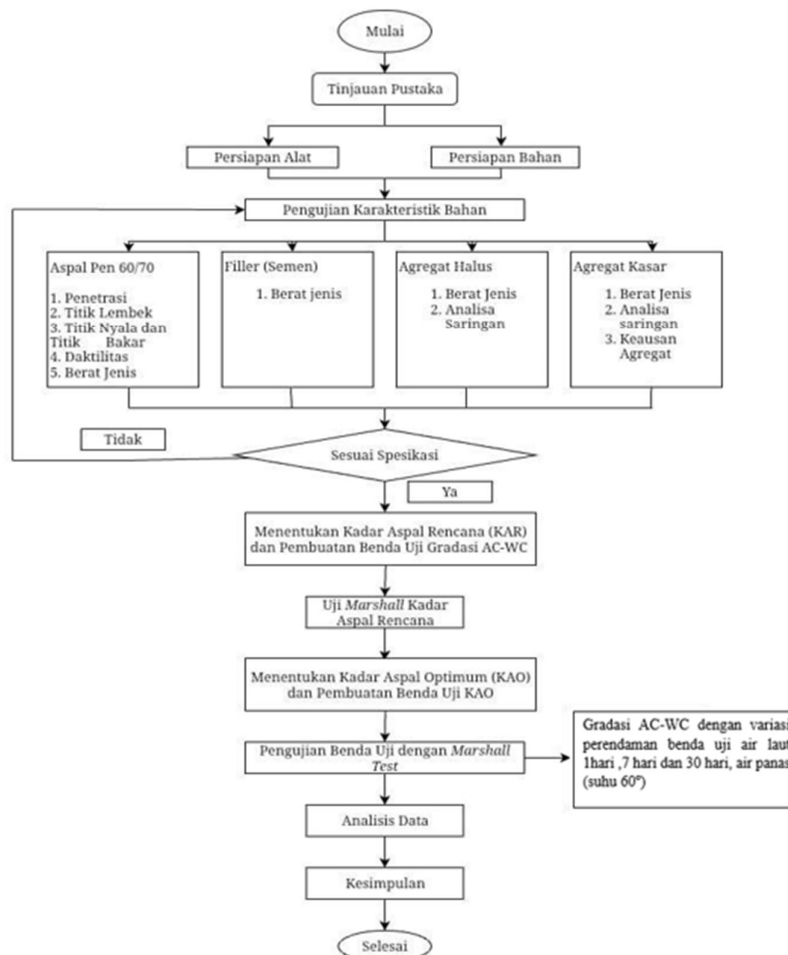
Dalam pembuatan benda uji kadar aspal rencana ini menggunakan variasi mulai dari 4%, 4,5%, 5%, 5,5% dan 6%. Penggunaan variasi ini bertujuan untuk perbandingan dalam mencari kadar aspal optimum. Dari setiap variasi yang digunakan masing-masing dibuat tiga benda uji. Jumlah total benda uji kadar aspal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

B. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada Gambar 1 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).

Tabel 1 Komposisi Benda Uji KAR (Kadar Aspal Rencana)

Kadar Aspal	Total	Aspal	Berat Agregat				Satuan	Jumlah Sampel
			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



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

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, 1 hari, 7 hari, hingga 50 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].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. 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[5]. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar, agregat halus, serta bahan pengisi (Filler) dapat dilihat pada Tabel 2 Hasil pengujian karakteristik agregat berikut [6], [7], [8].

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 [9]. Agregat kasar memiliki berat jenis di atas

2,5, penyerapan air sebesar 0,89% yang berada di bawah batas maksimum 3%, serta nilai keausan 16,74% 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 1,33%, 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.

B. Pengujian Karakteristik Aspal

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar, agregat halus, serta bahan pengisi (Filler) dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik aspal berikut [10], [11], [12], [13]. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, seluruh parameter aspal memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 [9]. Aspal memiliki daktilitas 130,7 cm, penetrasi 62,23, titik lembek 48,3°C, titik nyala 308°C, titik bakar 315,5°C, dan berat jenis 1,02, 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.

Jenis Pengujian	Standar	Hasil Pengujian	Persyaratan	Keterangan
Agregat Kasar				
Berat Jenis Bulk 1	SNI 1969:2016	2,59	Min. 2,5	Memenuhi
Berat Jenis Bulk 2	SNI 1969:2016	2,61	Min. 2,5	Memenuhi
Berat Jenis Semu	SNI 1969:2016	2,65	Min. 2,5	Memenuhi
Penyerapan Air	SNI 1969:2016	0,89%	Maks. 3%	Memenuhi
Keausan Agregat	SNI 2417:2008	16,74%	Maks. 40%	Memenuhi
Analisa Saringan	SNI ASTM C136	-	-	
Agregat Halus				
Berat Jenis Bulk 1	SNI 1969:2016	2,57	Min 2,5	Memenuhi
Berat Jenis Bulk 2	SNI 1969:2016	2,60	Min 2,5	Memenuhi
Berat Jenis Semu	SNI 1969:2016	2,66	Min 2,5	Memenuhi
Penyerapan Air	SNI 1969:2016	1,33%	Maks. 3%	Memenuhi
Analisa Saringan	SNI ASTM C136	-	-	
Bahan Pengisi				
Berat jenis Semen	SNI 2531:2015	3,02	3,00 - 3,20	Memenuhi

Tabel 3 Hasil Pengujian Karakteristik aspal.

Jenis Pengujian	Standar	Hasil Pengujian	Persyaratan
Daktilitas	SNI 2432-2011	130,7	Min. 100
Penetrasi	SNI 2456-2011	62,23	Min. 50
Titik Lembek	SNI 2434-2011	48,33	Min. 48
Titik Nyala	SNI 2433-2011	308	Min. 232
Titik Bakar	SNI 2433-2011	315,5	Min. 232
Berat Jenis	SNI 2441-2011	1,02	≥ 1,0

C. 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:

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

Keterangan:

P_b : Perkiraan kadar aspal rencana awal CA:

FA : Nilai persentase agregat halus

Filler : Bahan pengisi lolos saringan No.200

K : Konstanta (0,5 - 1,0 untuk AC dan HRS)

Nilai persentase agregat kasar

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

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

$$P_b = 0,035 (18+32) + 0,045 (49) + 0,18 (1) + 1$$

$$P_b = 5,135 \%$$

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).

D. Kadar 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. Persentase Kadar Aspal Terhadap Karakteristik Marshall

E. 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:

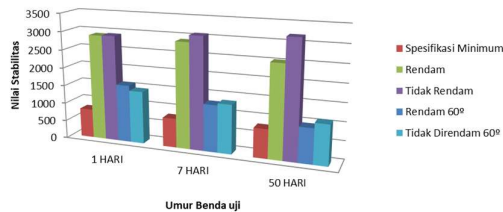
Tabel 4 Persentase Kadar Aspal Terhadap Karakteristik Marshall

Karakteristik <i>Marshall</i>	Satuan	Spesifikasi*)	Kadar Aspal				
			4	4,5	5	5,5	6
VMA (%)	%	Min.15	20,56	19,41	16,93	16,06	14,85
VITM (%)	%	Min.3-Maks.5	13,08	10,71	6,79	4,62	2,05
VFWA (%)	%	Min.65	36,50	44,93	60,06	71,29	86,81
Stabilitas (kg)	kg	Min.800	874,61	1099,29	1110,46	1276,72	1153,67
Flow (mm)	Mm	Min.2 -Maks.4	3,18	3,2	3,18	3,53	3,53
MQ (kg/mm)	kg/mm	Min.250	321,12	368,42	364,86	376,99	327,22

F. Grafik Gabungan Stabilitas

Grafik menunjukkan bahwa genangan air laut berpengaruh signifikan terhadap penurunan nilai stabilitas campuran. Kandungan garam dalam air laut mempercepat proses pelemahan daya ikat (kohesi) antara aspal dan agregat, sehingga kekuatan

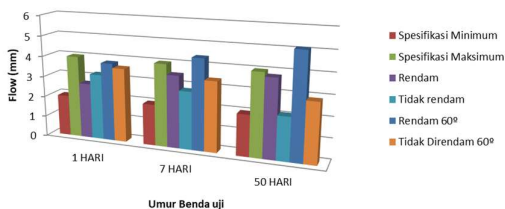
strukturalnya menurun seiring bertambahnya durasi perendaman. Pada sampel dengan perlakuan perendaman air laut, nilai stabilitas menurun dari 2904,28 (hari ke-1) menjadi 2893,59 (hari ke-7), dan merosot hingga 2534,01 pada hari ke-50.



Gambar 2 Grafik Gabungan Stabilitas

Sebaliknya, sampel yang tidak direndam air laut justru menunjukkan tren peningkatan stabilitas dari waktu ke waktu hingga mencapai 3201,00 pada hari ke-50. Sementara itu, pada perlakuan suhu tinggi 60°, perendaman air laut selama 60 menit memicu penurunan stabilitas yang cukup drastis, dari 1586,20 hari ke-1 menjadi 959,16 hari ke-50. Meskipun seluruh nilai stabilitas masih di atas spesifikasi minimum 800 kg, efek korosif dan penetrasi garam dalam jangka panjang berpotensi membawa nilai stabilitas mendekati batas kritis tersebut, yang mengindikasikan risiko kerusakan dini pada struktur jalan.

G. Grafik Gabungan Flow

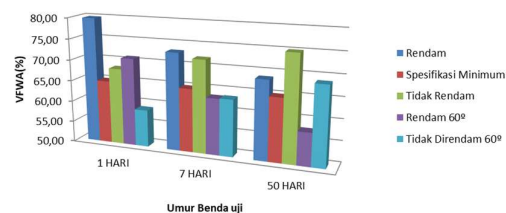


Gambar 3. Grafik Gabungan Flow

Berdasarkan Gambar 3 nilai leleh *flow*, terlihat bahwa secara umum hasil pengujian berada dalam rentang spesifikasi yang dipersyaratkan, yaitu antara 2 mm minimum hingga 4 mm maksimum. Namun, durasi dan jenis perendaman memberikan dampak yang cukup kontras terhadap elastisitas campuran. Pada sampel yang direndam air laut, nilai *flow* mengalami tren kenaikan yang signifikan, yaitu dari 2,7 mm pada hari ke-1, meningkat menjadi 3,5 mm pada hari ke-7, dan menyentuh angka 3,8 mm pada hari ke-50. Kenaikan ini mengindikasikan bahwa penetrasi kandungan garam dan molekul air laut dalam jangka panjang melemahkan daya ikat aspal, sehingga

membuat campuran menjadi lebih plastis dan lunak. Kondisi ini berpotensi menurunkan ketahanan struktur jalan terhadap deformasi plastik alur/rutting. Sebaliknya, sampel yang tidak direndam justru mengalami penurunan nilai *flow* secara konsisten, dari 3,2 mm hari ke-1 menjadi 2,8 mm hari ke-7, dan merosot hingga 2,1 mm pada hari ke-50 (mendekati ambang batas minimum). Penurunan ini menunjukkan bahwa tanpa genangan air laut, aspal mengalami proses penuaan *aging* dan pengerasan normal, yang menyebabkan campuran menjadi jauh lebih kaku sehingga memperbesar risiko retak *cracking* akibat kehilangan fleksibilitas. Sementara itu, kombinasi perendaman air laut pada suhu tinggi 60° mempercepat pelunakan aspal secara drastis. Nilai *flow* melonjak dari 3,8 mm pada hari ke-1, menjadi 4,4 mm pada hari ke-7, hingga mencapai 5,1 mm pada hari ke-50. Angka pada hari ke-7 dan ke-50 tersebut telah melampaui spesifikasi maksimum 4 mm, yang menandakan bahwa tingginya suhu serta agresivitas garam air laut merusak stabilitas termal aspal secara signifikan. Secara keseluruhan, baik nilai *flow* yang terlalu tinggi akibat paparan air laut dan suhu tinggi maupun yang terlalu rendah akibat pengerasan sama-sama tidak menguntungkan, karena dapat memicu kerusakan struktural berupa pergeseran *rutting* maupun retak Lelah.

H. Grafik Gabungan VFWA (Void Filled With Asphalt)

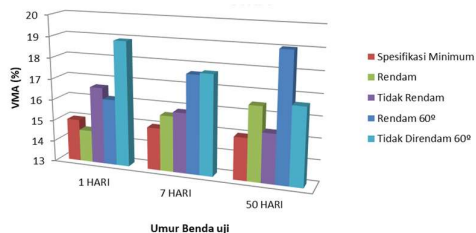


Gambar 4. Grafik Gabungan VFWA (Void Filled With Asphalt)

Berdasarkan Gambar 4 parameter *Void Filled With Asphalt* (VFWA), terlihat bahwa perlakuan tanpa perendaman menunjukkan tren peningkatan yang konsisten, yaitu dari 68,20% pada hari pertama, naik menjadi 71,98% pada hari ke-7, dan mencapai 75,03% pada hari ke-

50. Kenaikan ini menandakan bahwa tanpa gangguan genangan air laut, aspal dapat menyelimuti dan mengisi rongga antar-agregat secara optimal seiring berjalannya waktu. Sebaliknya, pada sampel yang direndam air laut biasa, nilai VFWA mengalami tren penurunan yang cukup signifikan, berawal dari 79,82% (hari ke-1), merosot ke 73,13% (hari ke-7), dan berlanjut turun hingga 68,69% pada hari ke-50. Penurunan ini disebabkan oleh penetrasi air laut dan reaksi garam yang bersifat agresif, yang secara bertahap mengikis serta melepaskan lapisan aspal dari permukaan agregat (*stripping*). Akibatnya, volume rongga yang terisi aspal menjadi berkurang. Sementara itu, kombinasi kondisi perendaman air laut pada suhu tinggi 60° memberikan dampak paling buruk terhadap kestabilan ikatan. Nilai VFWA pada perlakuan ini langsung turun dari 70,88% (hari ke-1) menjadi 63,36% pada hari ke-7, dan menyusut hingga 57,84% pada hari ke-50. Angka pada hari ke-7 dan ke-50 tersebut telah berada di bawah spesifikasi minimum (65%). Hal ini mengindikasikan bahwa perpaduan antara temperatur tinggi dan sifat korosif garam air laut mempercepat pelepasan ikatan aspal (*stripping*) secara masif, sehingga rongga udara semakin terbuka dan mutu struktural campuran menurun drastis. Secara keseluruhan, meskipun sampel tanpa rendam dan rendam biasa (suhu ruang) masih memenuhi ambang batas minimum 65%, perendaman air laut dalam jangka panjang—terutama pada kondisi suhu tinggi—terbukti merusak ikatan aspal-agregat dan meningkatkan risiko kerusakan dini pada perkerasan jalan.

1. Grafik Gabungan VMA (Void in Mineral Aggregate)

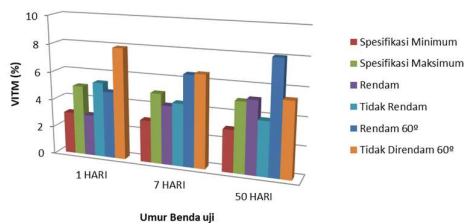


Gambar 5. Grafik Gabungan VMA (Void in Mineral Aggregate)

Berdasarkan Gambar 5 parameter *Voids in Mineral Aggregate* (VMA), perlakuan sampel tanpa perendaman menunjukkan tren penurunan nilai VMA secara bertahap seiring berjalannya waktu, yaitu dari 16,66% pada hari pertama, turun menjadi 15,84% pada hari ke-7, dan mencapai 15,32% pada hari ke-50. Seluruh nilai tersebut konsisten berada di atas spesifikasi minimum sebesar 15%, yang menandakan bahwa tanpa adanya paparan genangan air, rongga antar-agregat tetap terkontrol dengan baik dan cukup ideal untuk menampung film aspal. Sebaliknya, pada sampel yang mengalami perendaman air laut biasa, nilai VMA pada hari pertama terdeteksi cukup rendah, yakni 14,52% (berada di bawah spesifikasi minimum 15%). Kondisi ini mengindikasikan adanya pemadatan sementara atau penyumbatan awal rongga akibat masuknya molekul air laut. Namun, seiring bertambahnya durasi perendaman, nilai VMA mengalami peningkatan yang signifikan menjadi 15,63% pada hari ke-7 dan mencapai 16,50% pada hari ke-50. Kenaikan nilai VMA dalam jangka panjang ini bukan menandakan perbaikan mutu, melainkan mengindikasikan terjadinya pengelupasan ikatan aspal dari permukaan agregat (*stripping*) akibat reaksi penetrasi air laut dan sifat agresif garam. Pengelupasan ini memicu renggangnya susunan agregat sehingga memperbesar volume rongga total (*voids*). Dampak disintegrasi ikatan ini terlihat semakin ekstrem pada perlakuan perendaman air laut dengan suhu tinggi (60°). Nilai VMA melonjak drastis dari 16,13% (hari ke-1), naik ke 17,65% (hari ke-7), hingga menyentuh angka 19,03% pada hari ke-50. Kombinasi temperatur tinggi dan sifat korosif garam air laut mempercepat pelemahan daya rekat aspal secara masif, yang menyebabkan ekspansi rongga antar-agregat secara tak terkendali. Secara keseluruhan, peningkatan nilai VMA akibat paparan air laut jangka Panjang terutama pada suhu tinggi merupakan indikasi bahwa struktur internal campuran mulai merenggang akibat pelepasan film aspal (*stripping*). Jika dibiarkan berlanjut

di lapangan, kondisi ini akan mengurangi kepadatan campuran dan memicu kerusakan dini berupa pelepasan butir (*ravelling*) serta penurunan durabilitas perkerasan.

J. Gabungan VITM (Void in Total Mix)

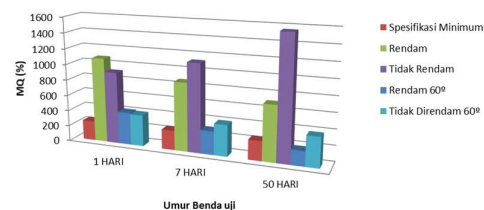


Gambar 6. Gabungan VITM (Void in Total Mix)

Berdasarkan Gambar 6 parameter *Voids in The Mix* (VITM), idealnya rentang spesifikasi yang dipersyaratkan berada di antara 3% (minimum) hingga 5% (maksimum). Keseimbangan rongga udara ini sangat krusial untuk mencegah pemadatan berlebih sekaligus menghindari masuknya air ke dalam struktur jalan. Pada sampel tanpa perendaman (suhu ruang), nilai VITM awal berada sedikit di atas ambang batas maksimum yaitu 5,36% pada hari pertama, lalu berangsur turun menjadi 4,44% pada hari ke-7, dan mencapai 3,85% pada hari ke-50. Penurunan ini mencerminkan adanya pemadatan alami (*consolidation*) seiring bertambahnya umur benda uji, di mana susunan agregat semakin rapat sehingga rongga udara berkurang secara berimbang hingga masuk ke dalam rentang ideal (3–5%). Sebaliknya, pada perlakuan perendaman air laut biasa, nilai VITM awal terdeteksi sangat rendah yaitu 2,94% (di bawah spesifikasi minimum 3%). Namun, seiring bertambahnya durasi perendaman air laut, nilai VITM terus melonjak menjadi 4,21% pada hari ke-7 dan melampaui batas maksimum hingga mencapai 5,18% pada hari ke-50. Tren peningkatan peningkatannya bukan disebabkan oleh pemadatan, melainkan akibat sifat agresif kandungan garam dan penetrasi air laut yang melarutkan atau mengelupas lapisan aspal (*stripping*). Pelepasan ikatan ini membuka rongga-rongga baru di dalam campuran. Dampak disintegrasi

struktur rongga ini terlihat paling nyata pada perlakuan perendaman air laut suhu tinggi (60°). Nilai VITM melonjak signifikan dari 4,77% (hari ke-1), naik ke 6,49% (hari ke-7), hingga menyentuh angka ekstrem 8,06% pada hari ke-50 (jauh melampaui batas maksimum 5%). Kombinasi temperatur tinggi dan sifat korosif ion garam air laut mempercepat kerusakan ikatan aspal secara masif, sehingga menciptakan rongga udara berlebih di dalam campuran. Secara keseluruhan, nilai VITM yang berada di luar rentang standar (kurang dari 3% atau lebih dari 5%) sama-sama merugikan. Nilai yang terlalu rendah (seperti pada hari pertama rendaman) berisiko memicu pendarahan aspal (*bleeding*), sedangkan nilai yang terlalu tinggi akibat paparan air laut jangka panjang memperbesar rongga udara, yang mempercepat oksidasi, memicu retak lelah, dan memperparah penetrasi air lebih lanjut.

K. Grafik Gabungan MQ (Marshall Quotient)



Gambar 7. Grafik Gabungan MQ (Marshall Quotient)

Berdasarkan Gambar 7 parameter *Marshall Quotient* (MQ), yang menggambarkan tingkat kekakuan (*stiffness*) dan kelenturan campuran aspal, terlihat adanya perbedaan tren yang sangat kontras akibat perlakuan perendaman dan durasi waktu. Pada sampel tanpa perendaman (suhu ruang), nilai MQ menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan, yaitu dari 915,19 kg/mm pada hari pertama, naik menjadi 1123,46 kg/mm pada hari ke-7, dan mencapai puncaknya di angka 1556,77 kg/mm pada hari ke-50. Peningkatan pesat ini mengindikasikan bahwa tanpa paparan air, proses penuaan (*aging*) aspal berlangsung secara alami sehingga campuran menjadi semakin kaku dan memiliki ketahanan tinggi terhadap deformasi akibat beban lalu

lintas. Sebaliknya, perlakuan perendaman air laut biasa (suhu ruang) menyebabkan penurunan nilai MQ secara konsisten, berawal dari 1081,85 kg/mm (hari ke-1), merosot ke 870,07 kg/mm (hari ke-7), dan terus meluncur turun hingga 705,46 kg/mm pada hari ke-50. Penurunan kekakuan ini terjadi karena penetrasi air laut dan kandungan garam yang bersifat agresif melepaskan ikatan antar-molekul aspal (*stripping*), sehingga membuat campuran kehilangan fleksibilitas dan menjadi jauh lebih lunak. Dampak pelunakan paling ekstrem terlihat pada kombinasi perendaman air laut dengan suhu tinggi (60°). Nilai MQ sampel ini merosot tajam dari 413,33 kg/mm pada hari ke-1, menjadi 299,74 kg/mm pada hari ke-7, hingga akhirnya menyentuh angka 189,82 kg/mm pada hari ke-50. Angka pada hari ke-50 tersebut telah turun drastis di bawah spesifikasi minimum (250 kg/mm). Hal ini membuktikan bahwa sinergi antara temperatur tinggi dan sifat korosif garam air laut merusak kestabilan struktur internal campuran secara signifikan. Secara keseluruhan, meskipun sampel tanpa rendam dan rendam biasa masih memenuhi syarat spesifikasi minimum (250 kg/mm), tren penurunan tajam akibat paparan air laut jangka Panjang terutama pada suhu tinggi mengindikasikan bahwa genangan air laut di lapangan berpotensi besar memicu keruntuhan struktural berupa retak lelah dan jejak roda (*rutting*) akibat penurunan kekakuan material.

Dampak disintegrasi struktur rongga ini terlihat paling nyata pada perlakuan perendaman air laut suhu tinggi (60°). Nilai VITM melonjak signifikan dari 4,77% (hari ke-1), naik ke 6,49% (hari ke-7), hingga menyentuh angka ekstrem 8,06% pada hari ke-50 (jauh melampaui batas maksimum 5%). Kombinasi temperatur tinggi dan sifat korosif ion garam air laut mempercepat kerusakan ikatan aspal secara masif, sehingga menciptakan rongga udara berlebih di dalam campuran. Secara keseluruhan, nilai VITM yang berada di luar rentang standar (kurang dari 3% atau lebih dari 5%) sama-sama merugikan. Nilai yang terlalu rendah (seperti pada hari pertama rendaman)

berisiko memicu pendarahan aspal (*bleeding*), sedangkan nilai yang terlalu tinggi akibat paparan air laut jangka panjang memperbesar rongga udara, yang mempercepat oksidasi, memicu retak lelah, dan memperparah penetrasi air lebih lanjut.

4. KESIMPULAN

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

1. Semua karakteristik material baik untuk agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal yang digunakan telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 sesuai dengan standar-standar nasional yang digunakan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tersebut.
2. 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 mulai dari nilai VMA tercatat sebesar 16,06%, > minimum 15%, nilai VITM 4,62%, yang masih berada dalam rentang yang disyaratkan yaitu 3% hingga 5%, nilai VFWA sebesar 71,29% > batas minimum 65%, nilai Stabilitas Marshall yang diperoleh sebesar 1276,72 kg > minimum 800 kg, nilai *flow* berada pada 3,53 mm berada dalam kisaran yang disyaratkan antara 2 mm hingga 4 mm, dan nilai MQ 379,99 kg/mm > batas minimal 250 kg/mm. memenuhi persyaratan Standar Bina Marga Tahun 2018.
3. Kinerja campuran aspal AC-WC mengalami penurunan signifikan akibat genangan air laut dan perendaman selama 50 hari, ditandai dengan turunnya stabilitas dan MQ serta naiknya nilai *flow* dan porositas. Walaupun jalan masih aman dan layak digunakan karena parameter uji masih memenuhi spesifikasi, kondisi ini

mengidentifikasi awal dari degradasi material akibat paparan air laut. Oleh karena itu, perencanaan dan pengawasan mutu jalan harus memprioritaskan stabilitas serta kekakuan struktural (MQ). Penerapan sistem drainase dan tinggi badan jalan yang efektif juga menjadi hal krusial demi meminimalkan dampak genangan air di masa mendatang.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. B. Wirahaji and A. M. C. Wardani, "Pengaruh Air Hujan terhadap Karakteristik Marshall Campuran Aspal Panas pada Lapis Permukaan Jalan," *Widya Tek.*, vol. 13, no. 02, pp. 67–76, 2019, doi: 10.32795/widiateknik.v13i02.510.
- [2] R. Ramdani, Zulkarnaen, and A. Purnama, "Analisis Pengaruh Genangan Air Terhadap UMA SIMA Kecamatan Sumbawa (Studi Kasus Jalan Tongkol)," *J. SainTekA*, vol. 3, no. 1, pp. 7–12, 2022.
- [3] I. Asphalt *et al.*, "Dan Air Laut Terhadap Karakteristik Marshall Dengan Memanfaatkan Material Lokal," no. 1, pp. 77–88.
- [4] S. Rahayu and Lizar, "Pengaruh Genangan Air Terhadap Kerusakan Jalan Aspal (AC-WC)," *KERN J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 11, no. 2, pp. 51–63, 2025, doi: 10.33005/kern.v11i2.61.
- [5] Y. Maulana, S. Sukirman, and R. Zurni, "Studi Kadar Aspal Optimum menggunakan Alat Marshall dan Alat Percentage Refusal Density," *J. Online Inst. Teknol. Nas.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2015.
- [6] S. 1969:2016, "Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar," *Badan Standar Nas. Indones.*, p. 20, 2016, [Online]. Available: <https://pu.go.id/pustaka/biblio/sni-1969-2016-metode-uji-berat-jenis-dan-penyerapan-air-agregat-kasar/KB19B>
- [7] SNI 03-1970-2008, "Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus," *Badan Standar Nas. Indones.*, pp. 7–18, 2008, [Online]. Available: <http://sni.litbang.pu.go.id/index.php?r=/sni/new/sni/detail/id/195>
- [8] Anonim SNI 2417-2008, "Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.," *Badan Stand. Nas.*, pp. 1–20, 2008, [Online]. Available: https://imsippoliban.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/03/5368_sni-2417_2008.pdf
- [9] Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2), "Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2," *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerj. Konstr. Jalan dan Jemb. (Revisi 2)*, no. Oktober, p. 1036, 2018.
- [10] Badan Standarisasi Nasional., "SNI 2432 2011 Daktilitas," *Badan Standarisasi Nasional.*, 2011.
- [11] Anonim, "SNI 2433: 2011 Cara Uji Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal Dengan Alat Cleveland Open Up," *Badan Stand. Nas.*, pp. 1–18, 2011, [Online]. Available: www.bsn.go.id
- [12] Anonim, "Cara uji berat jenis aspal keras, SNI 2441:2011," *Badan Stand. Nas.*, 2011.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, "Spesifikasi Aspal Keras Berdasarkan Kelas Penetrasi (SNI 8135:2015)," *Standar Nas. Indones.*, p. 2, 2015.