

Pengaruh Rendaman Air Laut Terhadap Karakteristik Kuat Tekan dan Stabilitas Campuran Beton Aspal di Wilayah Pesisir Papua

Dinda Sekar Selni Prawardani*, Harsan Ingot Hasudungan, David Edgar Tambunan

Departemen Teknik Sipil/Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih, Kota Jayapura
*dindaprawardani@gmail.com

Diajukan: 16 Oktober 2025, Revisi: 19 Oktober 2025, Diterima: 31 Oktober 2025

Abstract

This study aims to analyze the effect of seawater immersion on the characteristics of asphalt concrete using the Retained Strength Index (RSI) as the main parameter. The background of this research is the condition of roads in coastal areas that are frequently submerged in seawater, leading to a decrease in the durability of pavement layers. The method used is the Marshall test with various immersion durations (0, 6, 12, 24, and 48 hours) in seawater and freshwater media. The parameters tested include Stability, Flow, Density, Marshall Quotient (MQ), and RSI. The test results show that as the immersion duration increases, the values of stability, flow, and MQ tend to decrease, with a greater reduction observed in seawater immersion. This decline is caused by the salt (NaCl) content, which reduces the adhesion between asphalt and aggregate. Although a decrease occurs, the RSI value after 48 hours of immersion still meets the minimum limit of the 2018 Bina Marga specification, which is 90%. These results indicate that seawater has a significant effect on reducing the durability of asphalt concrete; therefore, mixture modification or the use of alternative materials is needed to enhance resistance to marine environments.

Keywords: Asphalt Concrete; Durability; Retained Strength Index; Seawater Immersion; Marshall Test.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh rendaman air laut terhadap karakteristik beton aspal dengan menggunakan parameter utama Indeks Kekuatan Sisa (IKS). Latar belakang penelitian ini adalah kondisi jalan di wilayah pesisir yang sering terendam air laut dan menyebabkan penurunan daya tahan lapisan perkerasan. Metode yang digunakan adalah pengujian Marshall dengan variasi lama rendaman (0, 6, 12, 24, dan 48 jam) pada media air laut dan air tawar. Parameter yang diuji meliputi Stabilitas, Flow, Density, Marshall Quotient (MQ), dan IKS. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin lama durasi perendaman, nilai stabilitas, flow, dan MQ cenderung menurun, dengan penurunan lebih besar pada rendaman air laut. Penurunan ini disebabkan oleh kandungan garam (NaCl) yang mengurangi adhesi antara aspal dan agregat. Meskipun terjadi penurunan, nilai IKS hingga 48 jam masih memenuhi batas minimum spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar 90%. Hasil ini menunjukkan bahwa air laut memiliki pengaruh signifikan terhadap penurunan durabilitas beton aspal, sehingga diperlukan modifikasi campuran atau penggunaan material alternatif agar lebih tahan terhadap lingkungan laut.

Kata Kunci: Beton Aspal; Durabilitas; Indeks Kekuatan Sisa (IKS); Rendaman Air Laut; Uji Marshall.

1. PENDAHULUAN

Mayoritas jalan raya di Indonesia menggunakan perkerasan lentur yang terdiri dari campuran aspal dan agregat. Aspal berfungsi sebagai bahan pengikat, sementara agregat bertindak sebagai tulang struktural. Namun, jalan-jalan ini, terutama di area pesisir, sering mengalami kerusakan sebelum mencapai usia rencana. Hal ini menimbulkan masalah ketahanan dan keawetan (durabilitas) perkerasan, khususnya akibat genangan air laut. Jalan raya di wilayah pesisir memiliki tingkat kerusakan yang lebih cepat dibandingkan dengan daerah non-pesisir. Hal ini disebabkan oleh pengaruh genangan air laut yang mengandung garam (NaCl) dengan sifat korosif tinggi, yang dapat mempercepat degradasi ikatan aspal-agregat (Zhou, Li, Liu, & He, 2020).

Genangan air merupakan salah satu penyebab utama kerusakan konstruksi jalan beraspal. Di daerah pesisir, genangan air laut sering terjadi akibat cuaca ekstrim yang memicu banjir pasang surut. Kondisi ini menunjukkan bahwa pentingnya memahami karakteristik beton aspal yang terendam air laut sebagai bahan evaluasi untuk konstruksi jalan di masa depan. Selain itu, genangan juga bisa disebabkan oleh curah hujan yang tinggi di jalan dengan elevasi rendah. Paparan garam yang terus-menerus dapat menurunkan adhesi antara aspal dan agregat serta mempercepat proses stripping (Feng, Wang, Tan, Xue, & Höeg, 2022).

Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk memahami sejauh mana rendaman air laut memengaruhi karakteristik campuran beton aspal dan daya tahannya terhadap kerusakan lingkungan laut (Jiang et al., 2022). Pengujian ini tidak hanya untuk mengetahui pengaruh antara menggunakan air laut dan air tawar, tetapi juga untuk menganalisis Indeks Kekuatan Sisa (IKS) sebagai salah satu parameter kunci untuk meningkatkan durabilitas campuran pada jalan yang berpotensi terendam air.

Laut memiliki sifat korosif karena kandungan natrium klorida (NaCl) yang tinggi, dengan rata-rata 3,5% atau 35 gram garam per liter. Kandungan garam ini dapat mempercepat korosi dan berpotensi merusak ikatan pada campuran beton aspal. Kondisi jalan yang terus-menerus terendam air laut dapat menurunkan durabilitas lapisan aspal, yang berdampak pada penurunan nilai stabilitas, kepadatan, dan sifat-sifat kinerja lainnya.

Untuk menilai tingkat durabilitas campuran beraspal, beberapa parameter dapat digunakan, seperti Indeks Kekuatan Sisa (IKS) yang ditetapkan oleh Bina Marga (2010). Indeks ini membandingkan stabilitas campuran setelah direndam 24 jam dengan stabilitas standar. Berdasarkan keadaan tersebut, maka penelitian berjudul "Pengaruh Rendaman Air Laut Terhadap Karakteristik Kuat Tekan dan Stabilitas Campuran Beton Aspal di Wilayah Pesisir" dianggap penting untuk dilakukan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh rendaman air laut terhadap karakteristik dan durabilitas campuran beton aspal. Penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) pada aspal penetrasi 60/70 berdasarkan standar Bina Marga, membandingkan pengaruh rendaman air laut dan air tawar terhadap perubahan karakteristik Marshall pada berbagai durasi perendaman, serta menilai penurunan durabilitas campuran beton aspal akibat pengaruh garam dalam air laut.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Marshall sesuai SNI 2489:2018 dan acuan dari Modul Pengujian Aspal, Agregat, dan Campuran Beraspal Panas (Kementerian PUPR, 2016). Proses penelitian dimulai dari menganalisis karakteristik agregat kasar dan

agregat halus, serta memakai aspal dengan nilai penetrasi 60/70. Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Cenderawasih.

Bahan-bahan yang digunakan selama penelitian di antaranya: Aspal Pertamina penetrasi 60/70 beserta data aspal yang diperoleh dari laboratorium BBPJJN Papua. Selain itu material yang berupa agregat halus dan kasar diperoleh dari Stone Crusher PT. Bintang Mas Papua dan air laut yang diambil dari Pantai Holtekamp Jayapura Papua. Sedangkan untuk alat, menggunakan alat-alat yang terdapat didalam Laboratorium Teknik Sipil Universitas Cenderawasih yaitu di antaranya: Marshall Test, waterbath, alat pemampat Aspal, dan beberapa peralatan pendukung lainnya untuk membuat benda uji beton aspal itu sendiri.

Tahapan penelitian terdiri atas 9 tahap di antaranya:

A. Pengambilan Bahan Benda Uji.

Bahan pengujian ini terdiri dari Aspal penetrasi 60/70, semen, agregat kasar dan agregat halus, serta Air laut yang diambil dari Pantai holtekamp Papua,

B. Pemeriksaan Bahan.

Pemeriksaan terhadap bahan-bahan yang akan digunakan dalam campuran beton aspal ini terlebih dahulu diperiksa sifat fisis agregatnya, dimana terdiri dari: Berat jenis untuk penyerapan agregat kasar dan agregat halus, serta keausan atau abrasi.

C. Perencanaan Campuran.

Sebelum pengujian dilakukan, terlebih dahulu membuat benda uji. Benda uji sendiri dibuat dengan merencanakan komposisi campuran sesuai dengan yang diinginkan penulis untuk nantinya dibuat perbandingan. Beberapa urutan untuk membuat campuran tersebut antara lain: menentukan komposisi agregat, dan menentukan kadar aspal rencana menggunakan rumus:

$$P_b = 0,0053(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(FF) + \text{Constanta (aborsi)}(0-2\%) \quad (1)$$

D. Pembuatan Benda Uji berdasarkan Kadar Aspal Optimum (KAO) .

Untuk membuat sampel uji Marshall, agregat dikeringkan hingga beratnya konstan, lalu dicampur dengan aspal pada suhu tertentu (viskositas pemadatan 100-120 cst) sesuai komposisi yang telah ditetapkan. Campuran ini kemudian dimasukkan ke dalam cetakan (mold) dan dipadatkan dengan 75 kali tumbukan pada tiap sisi untuk jenis Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC). Setelah dipadatkan, sampel dikeluarkan dari mold. Sebelum diuji menggunakan alat Marshall, sampel ditimbang dalam kondisi kering, kering permukaan jenuh (SSD), dan di dalam air untuk mendapatkan berat jenisnya. Tahap akhir, sampel direndam selama 30 menit didalam *waterbath* sebelum diuji langsung dengan alat Marshall.



(a)



(b)

Gambar 1. Proses Pembuatan Benda Uji Beton Aspal (a) dan Penumbukkan 75 kali didalam Mold (b).

Pembuatan sampel untuk menguji indeks kekuatan sisa beton aspal dibuat dari campuran Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh dari Marshall Test. Pembuatan sampel ini sama dengan proses yang digunakan untuk menentukan kadar aspal rencana.

Berikut adalah jumlah benda uji berdasarkan KAO yang akan dibutuhkan dan lama waktu perendaman:

Tabel 1. Jumlah Benda Uji untuk Perendaman di Air Laut dan Air Tawar

Perbandingan	Jumlah benda uji selama waktu perendaman				
	0	6	12	24	48
Air laut	3	3	3	3	3
Air biasa		3	3	3	3
Jumlah	3	6	6	6	6
Total	27				

Sumber: Hasil Pengujian di laboratorium Teknik Sipil Universitas Cenderawasih.

- E. **Metode Pengujian Benda Uji**, yang terdiri dari: Pengujian Perendaman, Pengujian Marshall Test, dan Analisis Indeks Kekuatan Sisa atau IKS.
- F. **Menghitung Stabilitas**, didapat dari kemampuan aspal dapat menahan beban sebelum mengalami deformasi plastis, diukur dalam kilogram atau pound. Nilai ini didapat dari pembacaan langsung pada alat Marshall Test, lalu dikoreksi berdasarkan faktor alat dan faktor benda uji.
- G. **Menghitung Tingkat leleh (Flow)** adalah deformasi atau perubahan bentuk plastis aspal hingga batas runtuh, diukur dalam milimeter (mm) atau 0.01 inci. Nilai ini didapat langsung dari alat Marshall Test.

- H. Menghitung Marshall Quotient (MQ)** adalah nilai perkiraan untuk kekakuan aspal terhadap beban. Nilai ini didapat dari perbandingan antara nilai stabilitas dan nilai flow, dan dinyatakan dalam satuan kg/mm atau kN/mm.
- I. Menghitung Parameter** yaitu:
- Rongga Dalam Campuran (VIM) yaitu parameter yang menunjukkan volume rongga yang berisi udara didalam campuran beraspal yang dinyatakan dalam satuan persen (%) volume.
 - Rongga Dalam Mineral (VMA) yaitu volume rongga yang terdapat diantara butir butir agregat dari suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan, termasuk didalamnya adalah rongga udara dan rongga yang terisi aspal efektif yang dinyatakan dalam persen (%) volume.
 - Rongga Terisi Aspal (VFA) yaitu presentase rongga diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. VFA menunjukkan berapa banyak rongga yang ada dalam campuran beraspal telah diisi oleh aspal; nilai VFA yang tinggi berarti semakin banyak rongga yang terisi aspal, sehingga campuran menjadi lebih awet.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan Kadar Aspal Perkiraan.

Pada penentuan kadar aspal optimum, perlu dilakukan terlebih dahulu pengujian benda uji dari beberapa kadar aspal, dengan rumus berikut:

$$PB = (0,035*\%CA)+(0,045*\%FA)+(0,18*FF)+Konstanta \quad (1)$$

Dimana :

PB = Kadar aspal perkiraan.

CA = Agregat kasar tertahan saringan No.8.

FA = Agregat halus lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200.

FF = Agergat halus lolos saringan No.200

Nilai konstanta sekitar 0,5 sampai dengan 1,0

Maka penyelesaiannya sebagai berikut:

$$CA = 100 - 43 = 57$$

$$FA = 43 - 6,5 = 36,5$$

$$FF = 6,50020$$

$$\text{Konstanta } 0,7$$

Substitusikan nilai kedalam persamaan (1)

$$\begin{aligned} PB &= (0,035*57)+(0,045*36,5)+(0,18*6,5)+0,7 \\ &= 5,508\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan penentuan Kadar Aspal Perkiraan maka yang didapatkan untuk kadar aspal Perkiraan yaitu = 5,5%.

B. Analisis Hasil Pengujian Marshall untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Sebelum menganalisis hasil pengujian Marshall dengan variasi suhu pemadatan, langkah penting yang harus dilakukan adalah menghitung nilai-nilai karakteristik Marshall. Tujuannya adalah untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) yang akan digunakan dalam campuran. Perhitungan ini mencakup tujuh parameter utama yaitu: Stabilitas, *Flow*, *Voids in Mix (VIM)*, *Voids in Mineral Aggregate (VMA)*, *Voids Filled with Asphalt (VFA)*, *Density*, dan *Marshall Quotient (MQ)*. Untuk mendapatkan KAO, perhitungan karakteristik ini dilakukan dengan menggunakan lima variasi kadar aspal dengan beberapa kadar aspal rencana, di antaranya: 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5%. Data dari variasi kadar aspal inilah yang nantinya akan menjadi dasar untuk analisis.

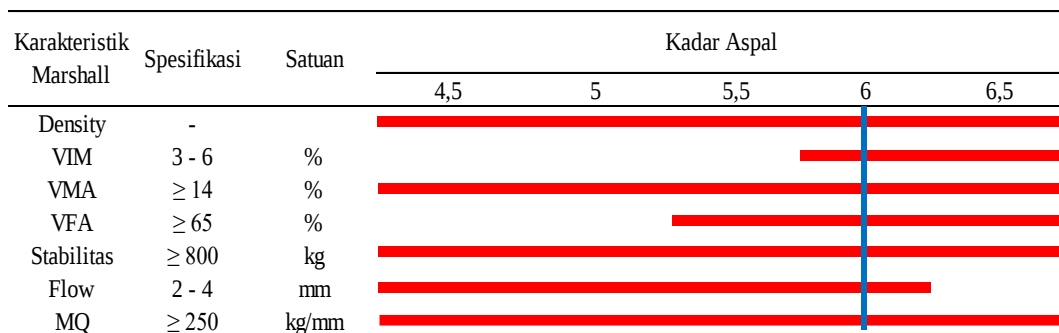
Data hasil rekapitulasi karakteristik *Marshall* untuk mencari kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 2. Analisis dan Hasil Pengujian Marshall untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal	Spesifikasi	Density	VFA	VIM	VMA	Stability	Flow	MQ
		-	Min 65%	3,5% 5,5%	- Min 15%	Min 800 Kg	2 - 4 mm	Min 250 Kg/mm
4,5		2,3232	54,32	8,54	18,67	3149,69	3,43	901,41
5		2,3509	62,87	6,74	18,13	3173,79	3,80	868,10
5,5		2,3592	68,82	5,70	18,27	2807,93	3,83	733,25
6		2,3892	78,61	3,78	17,67	2658,34	3,98	668,62
6,5		2,3488	75,92	4,70	19,49	2408,87	5,47	451,50

Sumber: Hasil Pengujian Menggunakan Alat *Marshall Test* di Laboratorium

Dari hasil analisa pada Tabel 2 di atas, kita dapat mengetahui nilai kadar aspal optimum dengan cara memasukkan data perbandingan kadar aspal terhadap beberapa karakteristik campuran kedalam grafik dan melihat data yang memenuhi pada spesifikasi. Data tersebut dimasukkan kedalam tampilan grafik pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Hasil Analisis Kadar Aspal terhadap Spesifikasi KAO

Berdasarkan gambar 2 tersebut, dapat disimpulkan bahwa kadar aspal 6% yang paling memenuhi dari total 7 karakteristik *Marshall*. Maka, aspal dengan kadar 6% yang akan digunakan untuk pengujian pada air laut maupun air tawar, dengan durasi perendaman yang telah ditentukan.

C. Analisis dan Hasil Pengujian Marshall Test Campuran Beton Aspal Terhadap Air Laut dan Air Tawar

Analisis terhadap air laut dan air tawar ini dilakukan untuk setiap sampel yang diuji dengan lima variasi waktu perendaman yang berbeda, yaitu 0 jam, 6 jam, 12 jam, 24 jam, dan 48 jam.

Perbandingan hasilnya disajikan kedalam tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Rekapitulasi Pengujian Marshall Campuran Beton Aspal terhadap rendaman Air Tawar dan Air Laut.

AIR TAWAR							
Lama Perendaman	Spesifikasi						
	Density	VFA	VIM	VMA	Stability	Flow	MQ
	-	Min 65%	3,5% - 5,5%	Min 15%	Min 800 Kg	2 - 4 mm	Min 250 Kg/mm
0	2,40	79,94	3,50	17,43	2711,74	4,00	681,94
6	2,39	78,15	3,91	17,78	2590,81	3,98	653,39
12	2,36	74,35	4,76	18,51	2560,28	3,88	660,19
24	2,35	71,97	5,34	19,00	2358,19	3,68	640,39
48	2,33	68,50	6,23	19,76	2127,43	3,58	594,52

AIR LAUT							
Lama Perendaman	Spesifikasi						
	Density	VFA	VIM	VMA	Stability	Flow	MQ
	-	Min 65%	3,5% - 5,5%	Min 15%	Min 800 Kg	2 - 4 mm	Min 250 Kg/mm
0	2,40	79,94	3,50	17,43	2711,74	4,00	681,94
6	2,37	74,73	4,68	18,44	2565,78	3,94	650,72
12	2,35	71,83	5,39	19,05	2519,85	3,87	650,57
24	2,31	66,48	6,79	20,24	2255,83	3,35	675,12
48	2,30	65,10	7,19	20,59	1932,28	3,10	624,71

Sumber: Hasil Pengujian Menggunakan Alat *Marshall Test* di Laboratorium

D. Analisis Durabilitas Beton Aspal Terhadap Perendaman di Air Laut dan Air Tawar.

Durabilitas dalam pembahasan ini ialah kemampuan material beton aspal untuk mempertahankan kinerja struktural sesuai dengan umur layanan yang telah direncanakan, sekalipun sering terpapar oleh beban lalu-lintas yang berulang dan atau pengaruh lingkungan yang dapat merusak fisis dari beton aspal itu sendiri, yang dalam hal ini bisa dipengaruhi akibat terpapar air laut maupun air tawar. Setelah mengetahui hasil pengujian menggunakan marshall test dari 7 parameter sebelumnya, selanjutnya dilakukan pengujian

untuk mengetahui nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS). IKS merupakan suatu parameter perhitungan yang dapat digunakan untuk mengetahui durabilitas dari benda uji yang akan di analisis. Rumus dari IKS adalah sebagai berikut:

$$IKS = \frac{S_1}{S_2} \times 100 \quad (2)$$

Dimana:

IKS : Indeks Kekuatan Sisa
 S1 : Rata-rata nilai stabilitas Marshall sebelum perendaman
 S2 : Rata-rata nilai stabilitas Marshall setelah perendaman

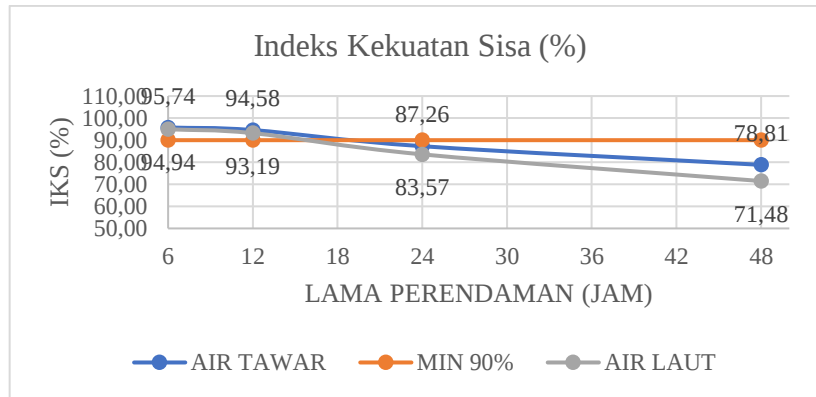
Indeks Kekuatan Sisa ini merupakan perbandingan sebelum dan sesudah perendaman, dimana tiap benda uji direndam dalam waktu 0, 6 jam, 12 jam, 24 jam, dan 48 jam di air laut maupun air tawar, dan nilainya dinyatakan dalam bentuk persen. Berdasarkan peraturan Bina Marga (2018), standar kekuatan sisa disyaratkan masuk kedalam nilai minimum yaitu 90% untuk dikategorikan masih memenuhi persyaratan durabilitas material beton aspal. Berikut ini merupakan tabel perhitungan IKS untuk air laut dan air tawar:

Tabel 4. Hasil Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Sampel	Suhu perendaman	Stabilitas awal (So) kg	Lama Perendaman (Jam)							
			6		12		24		48	
			Stabilitas (kg)	IKS (%)	Stabilitas (kg)	IKS (%)	Stabilitas (kg)	IKS (%)	Stabilitas (kg)	IKS (%)
IKS Rendaman Air Tawar										
1	Suhu Ruangan	2787,10	2782,06	99,82	2682,21	96,24	2470,02	88,62	2147,98	77,0686
2		2857,78	2514,64	87,99	2558,60	89,53	2271,74	79,49	2064,29	72,2341
3		2490,32	2475,73	99,41	2440,02	97,98	2332,80	93,67	2170,01	87,1377
Rata-rata		2711,74	2590,81	95,74	2560,28	94,58	2358,19	87,26	2127,43	78,81
IKS Rendaman Air Laut										
1	Suhu Ruangan	2787,10	2568,15	92,14	2587,32	92,83	2113,24	75,82	2030,91	72,868
2		2857,78	2572,73	90,03	2504,16	87,63	2326,41	81,41	1869,02	65,4011
3		2490,32	2556,46	102,66	2468,07	99,11	2327,84	93,48	1896,92	76,1715
Rata-rata		2711,74	2565,78	94,94	2519,85	93,19	2255,83	83,57	1932,28	71,48

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel di atas, kemudian data perhitungan disajikan kedalam bentuk gambar grafik untuk melihat Tingkat nilai IKS dan dihubungkan nilainya dengan minimum aturan Bina Marga yaitu 90%



Gambar 3. Hasil Perhitungan Microsoft Excel

Berdasarkan analisa Grafik di atas, menunjukkan bahwa nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dengan variasi waktu perendaman 6 jam, 12 jam, 24 jam, 48 jam menggunakan perbandingan perendaman dengan air laut dan air tawar menurun seiring dengan meningkatnya durasi perendaman. Terjadi penurunan kekuatan sisa dapat disebabkan beberapa faktor antara lain: pengaruh perendaman menggunakan air laut ataupun air tawar serta durasi rendaman semakin lama campuran aspal terendam oleh air menyebabkan menurunnya kekuatan campuran yang diakibatkan adanya perubahan sifat aspal sebagai bahan pengikat menjadi lemah yang berdampak pada menurunnya kinerja campuran.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai stabilitas dan Marshall Quotient (MQ) menurun seiring bertambahnya durasi perendaman. Setelah 48 jam perendaman air laut, nilai stabilitas turun. Penurunan ini disebabkan oleh intrusi ion Na^+ dan Cl^- yang mengganggu ikatan adhesi antara aspal dan agregat (Zhou et al., 2020). Temuan ini sejalan dengan penelitian Feng et al. (2022), yang melaporkan bahwa paparan garam laut mempercepat pelepasan film aspal dari permukaan agregat. Fenomena serupa juga dijelaskan oleh Mączka (2023), yang menemukan bahwa garam jalan dan kelembapan secara bersama-sama mempercepat degradasi mekanis campuran aspal.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini secara garis besar memberi pengetahuan bagi pembaca bahwa beton aspal, baik terkena air tawar maupun air asin seiring berjalannya waktu akan mengalami penurunan kekuatan dengan kata lain durabilitas yang sudah dibahas sebelumnya. Durabilitas pada beton aspal dapat kita sesuaikan dengan mengetahui jenis jalan dan letak fungsional jalan itu sendiri. Aspal penetrasi 60/70 merupakan aspal yang umumnya dipakai di jalan raya dengan beban lalu lintas yang tidak tinggi maupun tidak rendah, dan berada pada suhu yang tidak terlalu panas ataupun terlalu dingin sehingga cocok diterapkan untuk jalan di daerah pesisir.

Berdasarkan hasil pengujian, aspal penetrasi 60/70 dibuat dalam 5 variasi kadar aspal yang berbeda, yaitu 4%; 4,5%; 5%; 5,5%; dan 6%. Hasil pengujian menyatakan bahwa menurut standar Bina Marga untuk menentukan Kadar Aspal Optimum, maka benda uji beton aspal harus memenuhi 7 nilai parameter, dan dari 5 kadar tersebut yang paling memenuhi persyaratan ialah kadar aspal 6%. Setelah mendapatkan kadar aspal yang tepat (6%) maka dilanjutkan dengan membuat sample beton aspal kadar 6% untuk dibandingkan perbedaannya pada air tawar maupun air laut dengan beberapa durasi perendaman yang telah di tentukan.

Berdasarkan hasil perendaman tersebut, disimpulkan beberapa hal penting sebagai berikut:

- Terjadi penurunan karakteristik *Marshall*: Terjadi penurunan signifikan pada nilai Stabilitas, *Flow*, *Density*, dan *Marshall Quotient* (MQ), seiring bertambahnya waktu perendaman (dari 6 jam hingga 72 jam). Penurunan ini diakibatkan oleh pengikisan kandungan aspal secara perlahan dan berkurangnya daya lekat campuran seiring dengan waktu perendaman yang lebih lama.
- Air laut sangat berpengaruh negatif terhadap kekuatan campuran beraspal, sehingga mempengaruhi Indeks Kekuatan Sisa (IKS) yang berkaitan erat dengan durabilitas beton aspal. Penurunan IKS dari campuran beton aspal yang terendam semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu perendaman. Penurunan kekuatan campuran beton aspal ini diakibatkan oleh kadar garam yang terkandung dalam air laut
- Sebaiknya apabila akan membuat jalan beraspal disepanjang pesisir pantai, harus menggunakan kadar aspal minimal 6% dengan penetrasi 60/70 sehingga umur pakai jalan tersebut dapat bertahan dan tidak cepat mengikis lapisan perkerasan jalan di sepanjang daerah pesisir.

5. UCAPAN DAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang telah terlibat selama penelitian ini dilakukan. Sejak awal mulai penelitian sampai jurnal ini siap untuk di publish:

1. Fakultas Teknik Universitas Cenderawasih sebagai pemberi dana hibah penelitian, dengan Nota Tugas **NOMOR :1656/UN20.1.6/KP/2025** , dengan masa penelitian 14 Juli 2025-14 Oktober 2025.
2. Program Studi Teknik Sipil Universitas Cenderawasih, yang telah mendukung penulis untuk melakukan penelitian
3. Laboratorium Teknik Sipil Universitas Cenderawasih, sebagai sarana yang menunjang seluruh proses penelitian, dari awal sampai benda uji berhasil dibuat
4. Bapak Harsan Ingot Hasudungan dan Saudari David Edgar Tambunan sebagai penulis kedua dan ketiga yang membantu dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. (1998). Standard specifications for transportation materials and methods of sampling and testing. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Asphalt Institute. (1983). Mix design methods for asphalt and other hot-mix types (Manual Series No. 22, 2nd ed.). Kentucky: Asphalt Institute.
- Feng, B., Wang, W., Tan, H., Xue, M., & Höeg, K. (2022). The durability of asphalt mixture with the action of salt erosion. *Construction & Building Materials*, 316, 125749. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125749>
- Hutriadi, T. (2019). Analisis pengaruh rendaman air laut dan air tawar pada campuran aspal (AC-WC) dengan uji Marshall test. [Laporan penelitian]. Universitas Negeri Gorontalo.
- Jiang, Q., et al. (2022). Comprehensive assessment of the durability deterioration of asphalt pavement in salt environment: A literature review. *Construction & Building Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01706>

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). Spesifikasi umum pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan (Revisi 2). Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan PUPR.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). Modul pengujian aspal, agregat, dan campuran beraspal panas. Badan Penelitian dan Pengembangan PUPR.
- Long, Z., et al. (2022). Influence of sea salt on the interfacial adhesion of bitumen–aggregate systems by molecular dynamics simulation. *Construction & Building Materials*, 321, 126350. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127471>
- Maćzka, E. (2023). Asphalt mixtures degradation induced by water, frost, and road salt. *Construction & Building Materials*, 323, 126532. <https://doi.org/10.1080/14680629.2023.2181001>
- Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (2007). Pedoman pelaksanaan lapis campuran beraspal panas (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 28/PRT/M/2007). Jakarta: Kementerian PUPR.
- Modul Praktikum Teknik Perkerasan Jalan. (2024). Modul praktikum teknik perkerasan jalan. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Rahim, A., Wihardi, M., & Bakri Muhiddin, A. (2012). Pengaruh air laut terhadap karakteristik perkerasan aspal porus yang menggunakan Asbuton sebagai bahan pengikat. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- SNI 1969:2008. (2008). Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1970:2016. (2016). Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2417:2008. (2008). Cara uji keausan agregat dengan mesin Los Angeles. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2489:2018. (2018). Metode uji stabilitas dan pelelehan campuran beraspal panas dengan menggunakan alat Marshall. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SK SNI S-04-1989-F. (1989). Spesifikasi bahan bangunan bagian A. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Wang, W., et al. (2025). Mechanical performance of asphalt materials under salt erosion: A multi-scale review. *Polymers*, 17(8), 1078. <https://doi.org/10.3390/polym17081078>
- Yildirim, Y. (2007). Polymer modified asphalt binders. *Construction & Building Materials*, 21(1), 66–72.
- Zhou, Z., Li, H., Liu, X., & He, W. (2020). Investigation of sea salt erosion effect on the asphalt–aggregate interfacial system. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 13(1), 145–153.
- George, S. M., Kaseke, O., & Manoppo, M. R. E. (2015). Pengaruh terendahnya perkerasan aspal oleh air laut yang ditinjau terhadap karakteristik Marshall. [Laporan penelitian]. Universitas Sam Ratulangi.