

ANALISIS PENGARUH RENDAMAN AIR HUJAN TERHADAP KINERJA LASTON BERDASARKAN KARAKTERISTIK MARSHALL DAN STABILITAS SISA

***Insan Nurachmat¹, Dedi Budiman¹**

Fakultas Teknik, Universitas Perjuangan Tasikmalaya, Kota Tasikmalaya, Indonesia

*)Penulis korespondensi: Insan Nurachmat (insannurachmat17@gmail.com)

Received: 25 Februari 2024 Revised: 25 September 2024 Accepted: 10 Oktober 2024

Abstract— Rainwater immersion can affect the performance of the pavement layer (laston). Rainwater that falls and stagnates can cause changes in the physical and mechanical properties of laston materials, such as decreased stability, strength, and resistance to deformation. This affects the performance of the pavement layer in the long run. The purpose of the study was to analyze the ability of concrete asphalt to withstand the influence of rainwater soaking. The results of the study can be used as a basis to develop better planning and design methods for pavement layers that are resistant to the influence of rainwater. By knowing this, it is possible to estimate the ability of concrete asphalt to withstand loads and pressures, as well as resistance to environmental influences, including rainwater, and analyze the difference in laston performance when soaked in rainwater for 24 hours and 48 hours. A trial and error method was used that involved experiments with multiple samples to collect data. From the results of the research, rainwater immersion can cause a decrease in the strength and stiffness of the asphalt mixture as well as the potential for cracks due to changes in volume due to water absorption. The performance of rainwater-soaked laston showed that the strength and stiffness of the asphalt mixture decreased by 98.13% after 24 hours of immersion in rainwater and 49.40% after 48 hours of immersion. The length of the immersion time will affect the stability value or strength value, and this change in volume will cause cracks in the pavement layer. These cracks can cause a decrease in the stability and strength of the pavement layer, thus affecting the performance of the road.

Keywords — Rainwater bath, Laston, Marshall characteristics, residual stability.

Abstrak— Perendaman air hujan dapat memengaruhi kinerja lapis perkerasan (laston). Air hujan yang turun dan tergenang dapat menyebabkan perubahan sifat fisik dan mekanik material laston, seperti penurunan stabilitas, kekuatan, dan ketahanan terhadap deformasi. Hal ini memengaruhi kinerja lapisan perkerasan dalam jangka panjang. Tujuan penelitian untuk menganalisis kemampuan aspal beton dalam menahan pengaruh rendaman air hujan. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan metode perencanaan dan desain yang lebih baik untuk lapis perkerasan yang tahan terhadap pengaruh air hujan. Dengan mengetahui hal tersebut, dapat memperkirakan kemampuan aspal beton dalam menahan beban dan tekanan, serta ketahanan terhadap pengaruh lingkungan, termasuk air hujan, dan menganalisis perbedaan kinerja laston saat direndam air hujan selama 24 jam dan 48 jam. Digunakan metode trial and error yang melibatkan percobaan dengan beberapa sampel untuk mengumpulkan data. Dari hasil penelitian perendaman air hujan bisa menyebabkan penurunan kekuatan dan kekakuan campuran aspal serta potensi terjadinya keretakan akibat perubahan volume akibat penyerapan air. Kinerja laston yang direndam air hujan menunjukkan bahwa kekuatan dan kekakuan campuran aspal mengalami penurunan sebesar 98,13% setelah perendaman 24 jam dalam air hujan dan 49,40% setelah perendaman 48 jam. Lamanya waktu perendaman akan memengaruhi nilai stabilitas atau nilai kekuatan, dan perubahan volume ini akan menyebabkan keretakan pada lapis perkerasan. Retakan ini dapat menyebabkan penurunan stabilitas dan kekuatan lapisan perkerasan, sehingga memengaruhi kinerja jalan.

Kata kunci — Rendaman air hujan, Laston, Karakteristik Marshall, Stabilitas Sisa.

1. PENDAHULUAN

Salah satu penyebab kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan disebabkan oleh air. Baik hujan maupun kurangnya efisiensi sistem drainase jalan dapat menyebabkan permukaan air terus meningkat akibat kapilaritas. Jalan yang tergenangi oleh air hujan akan menyebabkan daya ikat aspal berkurang, jika perendaman yang terus menerus akan membuat kerusakan terutama pada permukaan jalan (Sukirman, 2003), sementara itu

(Chairuddin et al., 2019), genangan air memiliki dampak terbesar terhadap agregat permukaan. Air memainkan peran anti-adhesi, dimana air menyebabkan lepasnya agregat dari lapisan permukaan (Pau & Arifin, 2016).

Air hujan dapat memengaruhi kinerja aspal beton karena adanya proses merembesnya air ke dalam lapisan aspal beton. Kandungan asam dalam air hujan disebabkan oleh gas-gas seperti karbondioksida (CO_2), sulfur (S), dan nitrogen oksida (NO_2) yang terdapat di atmosfer dan membentuk asam lemah. Ketika air hujan jatuh ke tanah, yang kemudian melarutkan bahan-bahan yang ada didalamnya, sehingga terjadilah pelapukan (Bethary et al., n.d.). Jika air hujan tidak mengalir dengan cepat dari permukaan aspal beton, maka air tersebut akan meresap ke dalam lapisan aspal beton dan menyebabkan kerusakan pada struktur aspal beton.

Pengaruh air hujan terhadap karakteristik *marshall* dan stabilitas sisa dapat dievaluasi melalui berbagai parameter, seperti kekuatan tekan, kelelahan, dan stabilitas sisa. Air hujan dapat menyebabkan perubahan struktural dan kimia pada campuran aspal, yang dapat memengaruhi kemampuan campuran untuk menahan beban lalu lintas dan perubahan suhu. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menyediakan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana rendaman air hujan dapat memengaruhi kinerja laston berdasarkan karakteristik Marshall dan stabilitas sisa.

Penelitian yang dilakukan oleh (Nurlaily & Rahardjo, 2017) serta (Wirahaji & Wardani, 2019) mengungkapkan bahwa durasi perendaman air hujan memengaruhi kinerja lapis permukaan. Hasil pengujian menggunakan metode *Marshall* menunjukkan adanya penurunan nilai stabilitas, volume rongga dalam aspal (VFB), dan *Marshall Quotient* (MQ), serta peningkatan nilai *flow*, volume rongga dalam campuran (VIM), dan volume rongga dalam agregat (VMA).

Dengan memahami pengaruh rendaman air hujan terhadap kinerja laston, dapat dikembangkan strategi perawatan dan perbaikan jalan yang lebih efektif, serta formulasi campuran aspal yang lebih tahan terhadap dampak air hujan. Hal ini akan berkontribusi pada peningkatan umur pakai jalan dan keselamatan lalu lintas secara keseluruhan.

1.1 Rumusan Masalah

Dari konteks penelitian yang telah diuraikan, beberapa rumusan masalah yang dapat diidentifikasi, antara lain:

1. Bagaimana pengaruh rendaman air hujan dalam jangka waktu berbeda terhadap kinerja laston yang diukur berdasarkan karakteristik *marshall* dan stabilitas sisa.
2. Apakah terdapat perbedaan signifikan antara kinerja laston yang terendam air hujan selama 24 jam dan air hujan selama 48 jam.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab rumusan masalah yang telah disebutkan sebelumnya, adapun sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis bagaimana rendaman air hujan dalam jangka waktu yang berbeda memengaruhi kualitas dan kinerja campuran AC-WC, serta bagaimana hal ini berkaitan dengan karakteristik *marshall* dan stabilitas sisa. Studi ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mendalam mengenai pengaruh periode rendaman air hujan terhadap karakteristik dan kinerja campuran AC-WC, serta implikasinya terhadap karakteristik *marshall* dan stabilitas sisa. Penelitian ini akan menjadi landasan penting untuk meningkatkan desain campuran aspal yang lebih tahan terhadap kondisi lingkungan eksternal seperti air hujan, dengan potensi untuk mengurangi biaya perawatan infrastruktur jalan dan meningkatkan umur pakai lapis perkerasan.
2. Untuk menganalisis perbedaan kinerja laston yang terendam air hujan selama 24 jam dan 48 jam. Analisis ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru mengenai kemampuan campuran AC-WC dalam menahan beban dan tekanan dalam kondisi lingkungan yang bervariasi. Penelitian ini akan memberikan kontribusi penting dalam pengembangan metode evaluasi yang lebih akurat untuk memperkirakan ketahanan perkerasan terhadap pengaruh lingkungan seperti air hujan, yang pada akhirnya dapat mengarah pada peningkatan signifikan dalam desain lapis perkerasan yang lebih tahan lama dan stabil.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, digunakan metode *trial and error* dengan melakukan percobaan beberapa sampel untuk mengumpulkan data. Setelah itu, data tersebut akan diolah dan dibandingkan dengan persyaratan spesifikasi yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Bina Marga. Adapun material yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu agregat halus, agregat kasar, aspal dengan Pen. 60-70 dan filler. Air hujan yang digunakan dalam penelitian memiliki pH sekitar 6 atau cenderung netral sebanding dengan air permukaan.

Variasi perendaman yang dilakukan mencakup durasi 24 jam dan 48 jam yang bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas, kekuatan, rongga dalam aspal, dan karakteristik fisik dan mekanik lainnya dari campuran aspal.

2.1 Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Trie Mukty Pertama Putra, yang terletak di Jalan Pasanggrahan, Kecamatan Indihiang, Kabupaten Tasikmalaya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Pengujian dilakukan untuk menguji pengaruh rendaman air hujan terhadap kinerja laston berdasarkan karakteristik marshall dan stabilitas sisa.

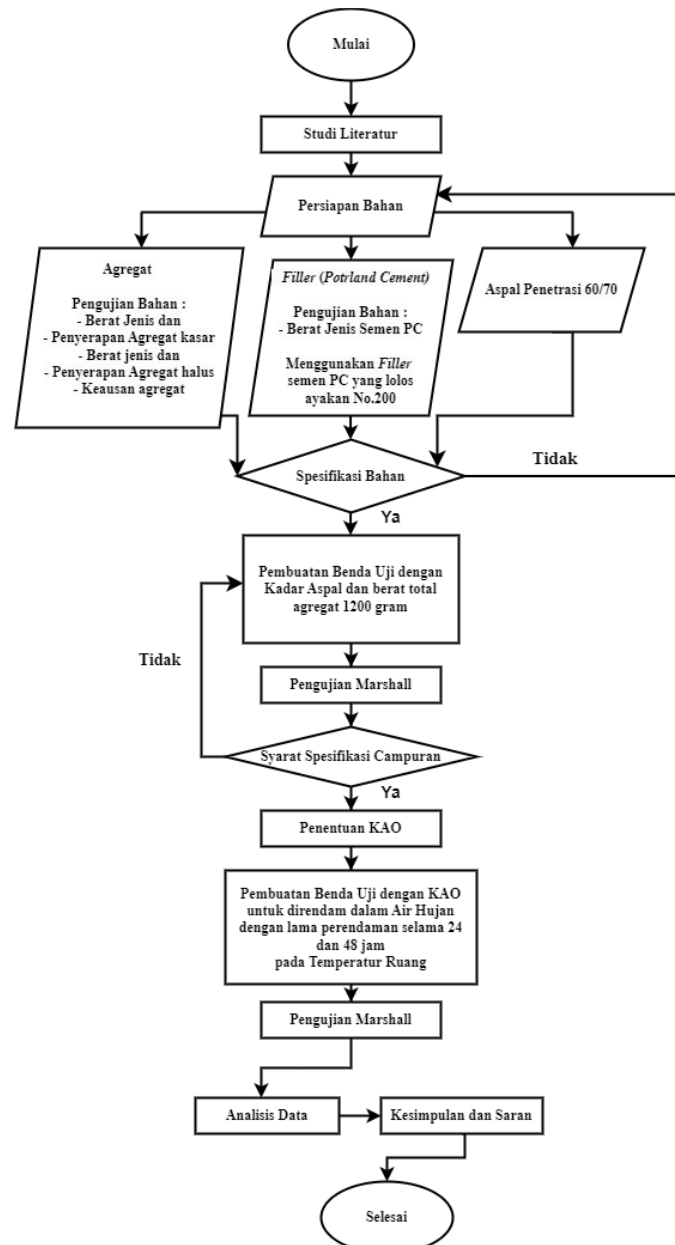


Gambar 1.Tempat Pelaksanaan Penelitian

Sumber : google maps

2.2 Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan pengujian di laboratorium, yang direpresentasikan melalui diagram alir berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian
Sumber : Dokumen Pribadi

2.3 Pembuatan Campuran Hotmix Laston (AC-WC)

Metode yang digunakan adalah *trial and error*. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui karakteristik dalam parameter *marshall* pada campuran aspal laston AC-WC, dengan mengikuti standarisasi pengujian yang berlaku di Indonesia. Adapun tahapan yang dilaksanakan dalam pembuatan campuran *hotmix laston* (AC-WC) ini yaitu mengumpulkan bahan, menguji bahan, merancang proporsi agregat, menentukan kadar aspal campuran, membuat sampel uji, dan menguji campuran aspal dengan alat *marshall*.

2.4 Menentukan Komposisi Agregat

Langkah ini dilakukan untuk mendapatkan proporsi agregat yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Metode yang digunakan untuk menentukan proporsi agregat dalam pembuatan campuran adalah metode *trial and error*. Metode ini melibatkan percobaan berbagai proporsi agregat dan analisis saringan untuk membandingkannya dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Metode ini merupakan pendekatan eksperimental dimana berbagai proporsi agregat dicampur dan kemudian dianalisis menggunakan metode saringan untuk memastikan bahwa campuran memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

2.5 Menentukan Kadar Aspal Campuran

Kadar aspal yang telah dihitung hasilnya akan dibulatkan ke angka 0,5% terdekat. Sebagai contoh, jika hasil perhitungan menunjukkan kadar aspal sebesar 5,3%, maka nilai kadar aspal tengah akan menjadi 5,5%. Setelah nilai aspal ideal diketahui, nilai tersebut akan ditambahkan dan dikurangi masing-masing sebanyak 2 kali dengan interval 0,5%.

2.6 Formula Perhitungan

Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk memperkirakan kadar aspal rencana.

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) = 0,18(\%FF) + K \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

- Pb : Estimasi kandungan Aspal
- CA : Agregat kasar tertahan saringan N0.8
- FA : Agregat halus yang melewati saringan No .8 dan tertahan oleh No.200
- FF : Material pengisi yang melewati saringan No.200

Setelah menentukan kadar aspal yang diinginkan, selanjutnya dapat dihitung jumlah aspal yang perlu ditambahkan ke dalam campuran rencana menggunakan rumus berikut:

$$\frac{P_b}{100-P_b} \times \text{campuran agregat yang telah dipanaskan} \dots\dots\dots(2)$$

Rumus perhitungan stabilitas sisa dalam uji Marshall adalah sebagai berikut:

$$\text{Stabilitas sisa} = (\text{Pembacaan Arloji} / \text{Spesifikasi Stabilitas}) \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- Pembacaan Arloji adalah nilai yang didapatkan dari stabilitas x koreksi benda uji
- Spesifikasi stabilitas adalah hasil dari pengujian sampel.

Untuk mengetahui karakteristik baik material maupun campuran aspal, terdapat beberapa rumus yang dapat digunakan. Beberapa di antaranya adalah :

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

1) Berat Jenis Bulk

$$\frac{A}{(B-E)} \dots\dots\dots(4)$$

2) Berat jenis kering permukaan jenuh

$$\frac{B}{(B-E)} \dots\dots\dots(5)$$

3) Berat jenis semu

$$\frac{B}{(B-E)} \dots\dots\dots(6)$$

4) Penyerapan

$$\frac{B}{(B-E)} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

- C : Berat benda uji kering oven (g)
- D : Berat benda uji jenuh kering permukaan (g)
- E : Berat benda uji dalam air (g)

2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

1) Berat jenis bulk

$$\frac{A}{(C+500-D)} \dots\dots\dots(8)$$

2) Densitas kering pada keadaan jenuh

$$\frac{500}{(C+500-D)} \dots\dots\dots(9)$$

3) Densitas semu (g/cc)

$$\frac{A}{(C+A-D)} \dots\dots\dots(10)$$

4) Penyerapan (%)

$$\frac{500-A}{A} \times 100 \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

- C : Berat piknometer di isi air 25°C (g)
D : Berat pinometer + Benda uji (SSD) + air 25°C (g)

3. Berat jenis agregat bulk

$$Gsb \frac{100}{\frac{P_1 P_2 \dots P_n}{G_1 G_2 \dots G_n}} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan:

- Gsb : Berat jenis bulk total agregat
P1,P2,...,Pn : Berat benda uji jenuh kering permukaan
G1,G2,...,Pn : berat piknometer di isi air 25°C

4. Berat jenis efektif agregat

$$Gse \frac{(100-Pb)}{\frac{100}{Gmm} - \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan :

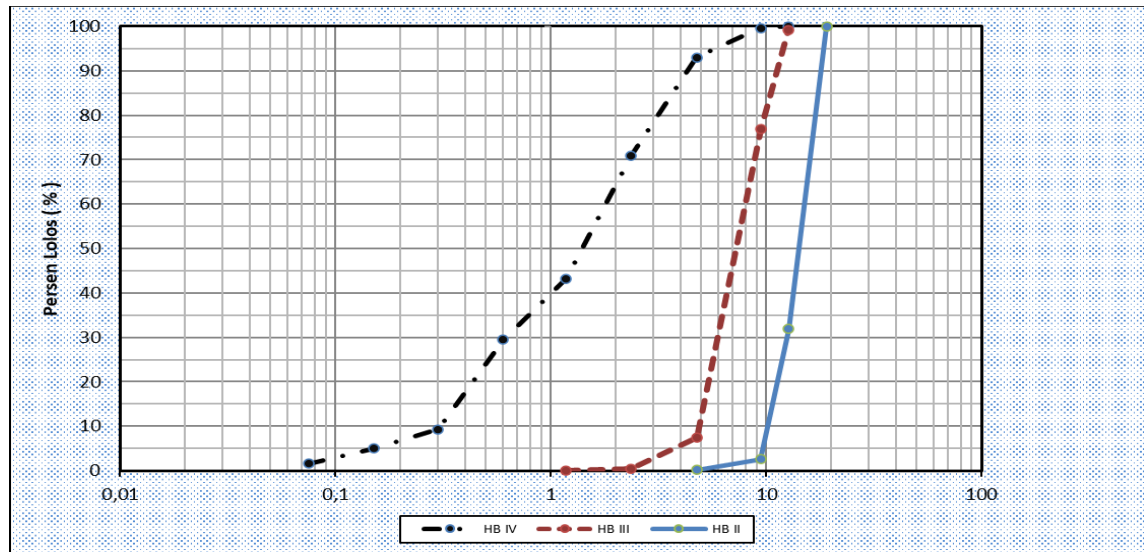
- Gse : Berat jenis efektif agregat
Pb : Kadar aspal terhadap campuran (%)
Gb : Berat jenis aspal

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Air hujan yang meresap ke dalam campuran beraspal dapat mengubah karakteristik fisik dan mekaniknya, termasuk menyebabkan penurunan stabilitas, kekuatan, dan kepadatan campuran. Selain itu, air hujan juga memengaruhi struktur internal campuran dengan memengaruhi ikatan antar partikel dan antara partikel dengan bahan pengikat aspal. Komponen-komponen penyusun campuran LASTON (AC-WC) seperti agregat kasar, agregat halus, dan aspal telah memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran LASTON (AC-WC) yang telah ditetapkan oleh Bina Marga. Studi mengenai pengaruh lama perendaman air hujan terhadap uji *Marshall* bertujuan untuk mengidentifikasi parameter *Marshall* seperti stabilitas, *flow*, MQ, VIM, VMA, dan VFB dalam campuran Laston (AC-WC) (Pataras et al., 2017)

3.1 Analisa Saringan Batuan Kasar dan Batuan Halus

Metode ini bertujuan sebagai acuan dalam pemeriksaan guna menentukan distribusi ukuran butir (gradasi) dari agregat halus dan agregat kasar. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan distribusi persentase jumlah butir agregat halus dan kasar, yang kemudian dapat direpresentasikan dalam bentuk grafik. Agregat yang digunakan dalam campuran ini dibagi menjadi empat bagian, yaitu ada, hotbin II, hotbin III, hotbin IV, dan filler. Hasil analisis saringan dapat dilihat secara lebih rinci pada gambar 3. dibawah ini.



Tabel 3. Hasil Pengujian Densitas Hotbin IV (Butiran Halus)

Jenis pengujian	Hasil			Spesifikasi	Satuan
	I	II	Rata-rata		
Berat jenis bulk	2,547	2,570	2,559		g/cc
Berat jenis kering permukaan jenuh	2,607	2,607	2,607		g/cc
Berat jenis semu (apparent)	2,708	2,739	2,724	>2,50	g/cc
Penyerapan (absorpsi)	2,333	2,396	2,365	<3%	%

Sumber : Dokumen Pribadi

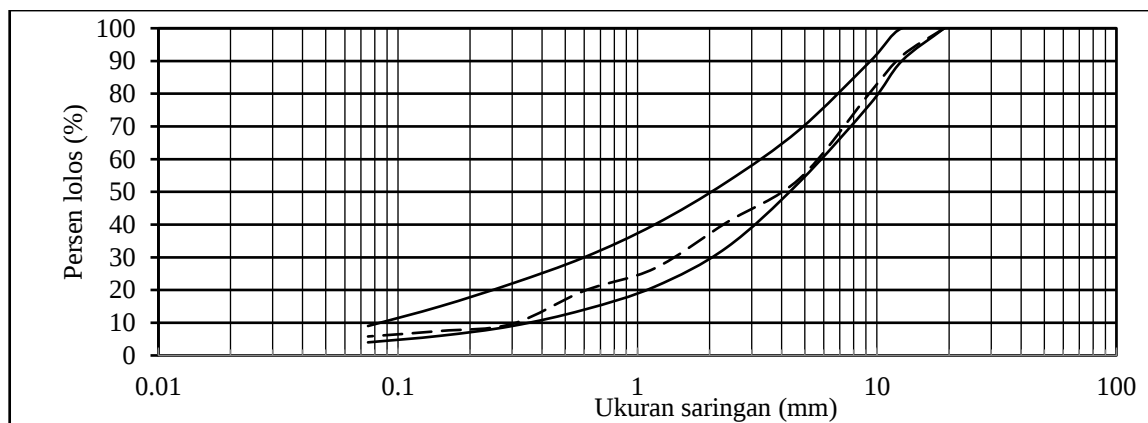
Untuk hasil pengujian *densitas* Hotbin II, Hotbin III, Hotbin IV, jika didapatkan hasil rata-rata lebih dari spesifikasi yang ditetapkan, yaitu >2,50, maka bisa dinyatakan OK. Selain itu, untuk hasil pengujian penyerapan (*absorpsi*) juga jika menunjukkan hasil kurang dari 3% batas spesifikasi, maka dapat dinyatakan OK.

Tabel 4. Hasil Pengujian Bahan Pengisi Abu Batu

Nama		1	2	Satuan
Nomor Pycnometer		A	B	
Berat piknometer + contoh	W2	100,4	92,90	g/cc
Berat piknometer	W1	53,7	46,20	g/cc
Berat filler	$Wt = W2 - W1$	46,7	46,70	g/cc
Berat piknometer + air + filler	W3	180,7	172,80	g/cc
Berat piknometer + air	W4	149,6	142,30	g/cc
$W5 = W2 - W1 + W4$		196,3	189,00	g/cc
Bahan pengisi	$W5 - W3$	15,6	16,20	g/cc
Densitas	$Wt / W5 - W3$	2,994	2,883	g/cc
Average		2,938		g/cc

Sumber : Dokumen Pribadi

3.3 Hasil Analisa Agregat Gabungan


Gambar 4. Grafik Analisa Agregat Gabungan

Sumber : Dokumen Pribadi

Dari hasil analisa agregat gabungan, untuk campuran standar dengan komposisi 12% hotbin II, 33% hotbin III, 50% hotbin IV, dan 5% filler, ternyata memenuhi spesifikasi batas atas dan batas bawah, dan campuran dengan komposisi ini layak digunakan. Dan didapatkan juga hasil perkiraan kadar aspal dari perhitungan sebagai berikut :

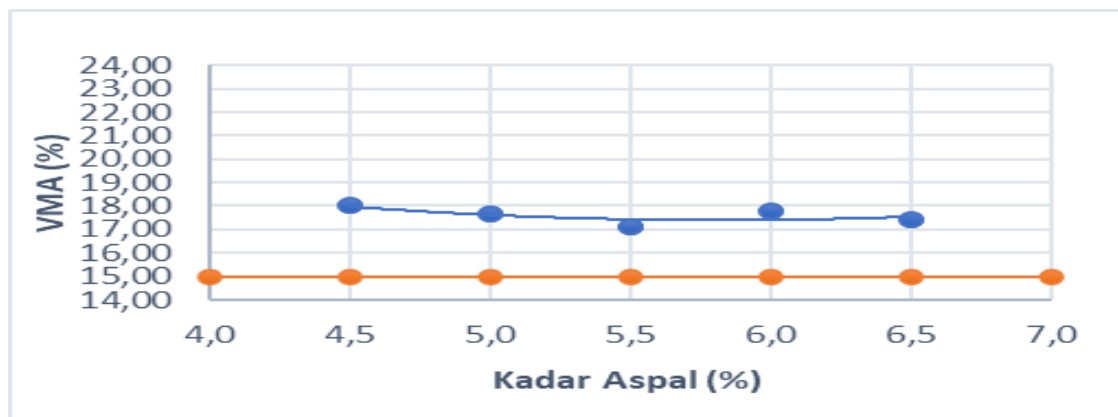
$$PB = 0,035 (100 - 40,66) + 0,045 (40,66 - 5,81) + 0,18 (5,81 - 0) + 1$$

$$= 0,035 (59,34) + (34,85) + 0,18 (5,81) + 1$$

PB campuran standar = 5,69%

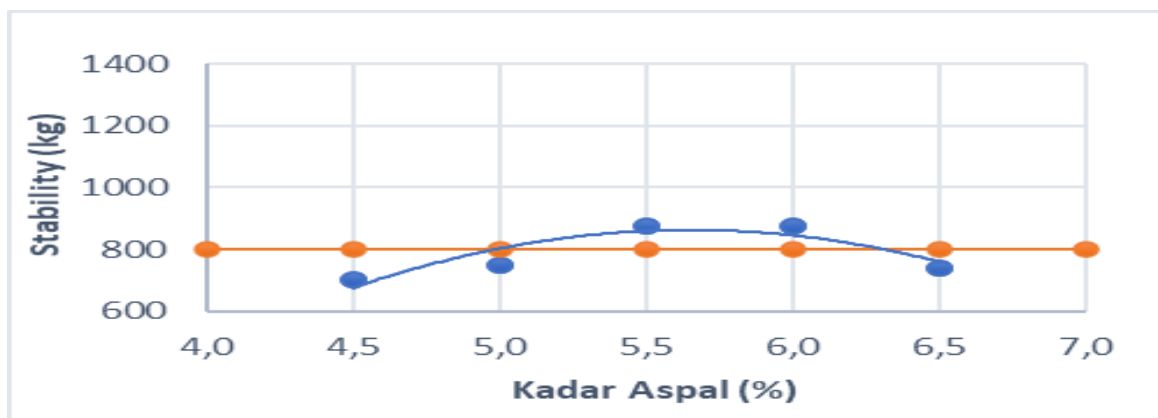
3.4 Percobaan Marshall AC-Wearing Course

Dari percobaan uji *marshall* didapatkan hasil perbandingan dengan kadar aspal yang di tuangkan dalam bentuk grafik, adapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 5. Grafik perbandingan VMA dengan kadar aspal
Sumber : Dokumen Pribadi

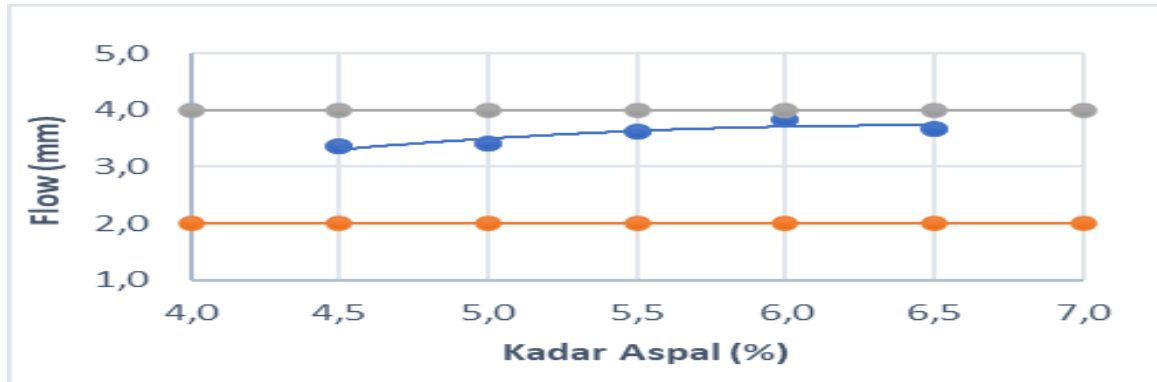
Dari ilustrasi di atas, terlihat bahwa Semakin tinggi nilai VMA, semakin banyak pori-pori yang terdapat pada campuran aspal. Hal ini berarti bahwa campuran aspal tersebut memiliki ruang yang lebih banyak untuk menampung aspal. Oleh karena itu, semakin tinggi nilai VMA, semakin banyak aspal yang dapat ditambahkan ke dalam campuran aspal tanpa mengurangi kualitas campuran tersebut. Namun, jika kadar aspal terlalu tinggi, maka campuran aspal akan menjadi terlalu lembek dan tidak stabil. Oleh karena itu, nilai VMA harus dijaga agar tidak terlalu tinggi atau terlalu rendah, sehingga kadar aspal yang digunakan dapat diatur dengan tepat untuk mencapai campuran aspal yang optimal.



Gambar 6. Grafik perbandingan Stabilitas dengan kadar aspal
Sumber : Dokumen Pribadi

Untuk hubungan perbandingan stabilitas dengan kadar aspal, nilai stabilitas meningkat dari kadar aspal 5,5% hingga 6%, namun menurun ketika kadar aspal ditambahkan menjadi 6,5%. Penurunan stabilitas disebabkan

oleh lapisan aspal yang terlalu tebal menutupi agregat. Nilai stabilitas di atas memenuhi standar minimal Bina Marga sebesar 800 Kg.



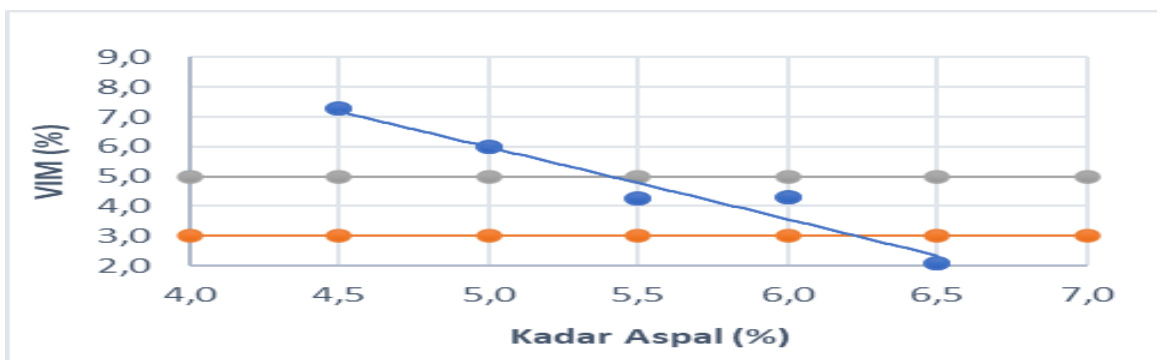
Gambar 7. Grafik perbandingan Flow dengan kadar aspal
Sumber : Dokumen Pribadi

Dari ilustrasi tersebut, peningkatan kadar aspal juga menyebabkan peningkatan nilai fluiditas. Ini terjadi karena dengan tambahan kadar aspal, campuran menjadi lebih plastis. Sesuai dengan karakteristik aspal sebagai bahan pengikat, semakin banyak aspal yang melapisi batuan, semakin baik ikatan antara agregat dan aspal. Hal ini mengakibatkan nilai fluiditas semakin meningkat.



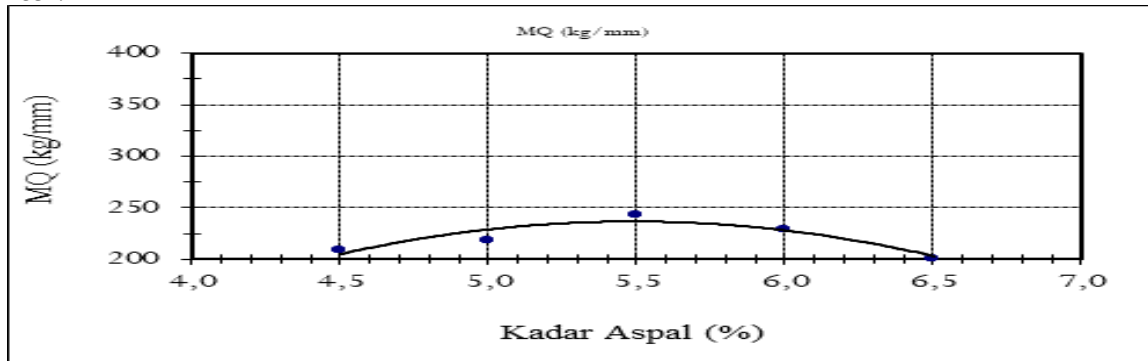
Gambar 8. Grafik perbandingan VFB dengan kadar aspal
Sumber : Dokumen Pribadi

Nilai VFB mengindikasikan persentase ruang yang dapat diisi oleh aspal. Dari grafik di atas, terlihat bahwa nilai VFB meningkat seiring dengan peningkatan kadar aspal. Semakin tinggi kadar aspal, campuran menjadi lebih tahan lama, sementara kadar aspal yang lebih rendah mengakibatkan lapisan tipis aspal pada agregat, menyebabkan kurangnya daya tahan campuran.



Gambar 9. Grafik perbandingan VIM dengan kadar aspal
Sumber : Dokumen Pribadi

Dari hasil pengujian untuk nilai VIM (*Voids in Mineral*) pada kadar aspal 5,5% dan 6% masih sesuai spesifikasi, namun pada kadar aspal 4,5%, 5%, dan 6,5% nilai VIM tidak memenuhi spesifikasi. Jadi hubungan antara nilai VIM dengan kadar aspal yaitu semakin tinggi kadar aspal maka nilai VIM semakin kecil.

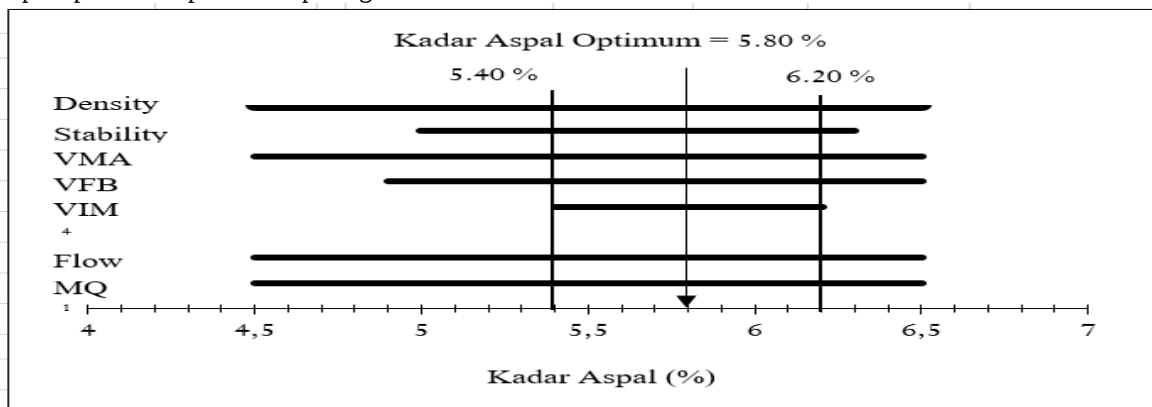


Gambar 10. Grafik perbandingan MQ dengan kadar aspal
Sumber : Dokumen Pribadi

Dari grafik tersebut, nilai *Marshall Quotient* memenuhi standar minimal 200 kg/mm yang diharapkan. *Marshall Quotient* adalah hasil pembagian antara stabilitas dan nilai *flow*, yang mencerminkan keseimbangan antara kekakuan dan fleksibilitas suatu campuran aspal.

3.5 Persentase Aspal Optimum

Kadar aspal optimum dalam suatu campuran aspal adalah jumlah aspal yang dibutuhkan untuk mencapai kualitas dan kinerja campuran aspal yang optimal. Kadar aspal optimal dapat bervariasi tergantung pada jenis aspal, jenis material batuan, dan kondisi lingkungan dimana campuran aspal tersebut digunakan. Jika kadar aspal terlalu rendah maka campuran aspal akan menjadi getas dan mudah rusak, sedangkan jika kadar aspal terlalu tinggi maka campuran aspal akan menjadi terlalu lunak dan mudah mengalami *deformasi plastis*. Setelah semua nilai parameter *Marshall* diketahui selanjutnya menentukan kadar aspal optimum (KAO). Pada campuran standar didapat kadar aspal optimum (KAO) yaitu 5,80%. Untuk lebih jelasnya lagi penentuan kadar aspal optimum dapat dilihat pada grafik di Gambar 11.



Gambar 11. Persentase Aspal Optimum
Sumber : Dokumen Pribadi

Persentase aspal optimum didapatkan dari perhitungan antar korelasi dengan parameter marshall seperti *density*, *stability*, VMA, VFB, VIM, *Flow*, MQ yang sudah diketahui, kemudian yang hasilnya memenuhi ke dalam batas spesifikasi di masukan dan di cari titik tengahnya maka didapatkan hasil 5,80%.

3.6 Uji Marshall dengan Variasi Perendaman

Marshall Stability Test adalah metode ini digunakan untuk mengukur kekuatan ikatan antara aspal dan agregat pada campuran aspal beton. Pada pengujian ini, campuran aspal beton ditekan dengan menggunakan alat uji *Marshall* hingga mencapai deformasi tertentu, kemudian diukur kekuatan yang dibutuhkan untuk mencapai *deformasi* tersebut. Semakin tinggi kekuatan yang dibutuhkan, semakin kuat kelekatan aspal-agregat. (ASTM C131, 2014)

Tujuan pemeriksaan ini dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan tekan minimum dari campuran aspal panas sebelum digunakan dalam konstruksi jalan. Hasil pengujian *Marshall* memberikan informasi mengenai kualitas campuran aspal, termasuk kekuatan dan kecenderungan terhadap *deformasi*. Dengan demikian, hasil pemeriksaan ini bisa dimanfaatkan untuk mengidentifikasi apakah campuran aspal tersebut memenuhi standar teknis yang ditetapkan.

Tabel 5. Hasil Variasi Perendaman dengan KAO

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian			Spesifikasi	Satuan
		30 menit	24 jam	48 jam		
1.	Stabilitas Marshall	1025	1006	506	Min. 800	kg
2.	<i>Flow</i>	3,32	3,40	1,83	2,0 - 4,0	mm
3.	<i>Marshall Quotient</i>	309	296	278	-	kg/mm
4.	Kadar Aspal	5.80	5.80	5.80	-	%
5.	Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa	100%	98,13%	49,40%	-	%
6.	Suhu Pencampuran	155	155	155	155±1	°C
7.	Suhu Pemadatan	145	145	145	145±1	°C
8.	Jumlah Tumbukan Perbidang		75			

Sumber : Dokumen Pribadi

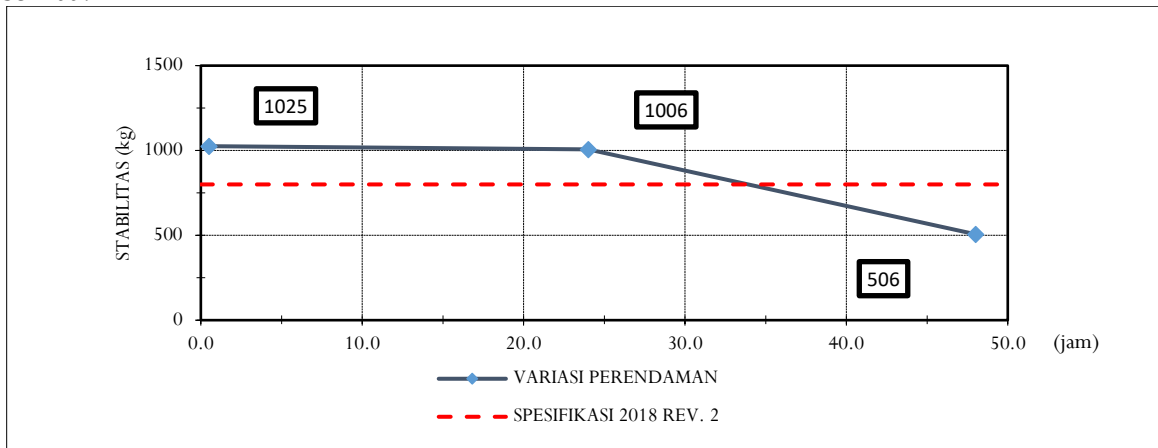
Hasil penelitian menunjukkan bahwa perendaman air hujan selama 30 menit, 24 jam dan 48 jam memberikan dampak negatif terhadap kinerja campuran aspal panas dengan kadar aspal optimal sebesar 5,8%. Sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 (Revisi 2), variasi perendaman selama 30 menit dijadikan acuan. Stabilitas 1025 kg, 1006 kg dan 506 kg diperoleh melalui pembacaan arloji. Selain itu, persentase penurunan stabilitas dihitung berdasarkan hasil spesifikasi yang dinyatakan dalam persentase. Selain itu, persentase penurunan stabilitas dihitung berdasarkan hasil spesifikasi yang dinyatakan dalam persentase. Terlihat pada Tabel 4.8 bahwa semakin lama waktu perendaman air hujan maka kinerja campuran aspal panas akan semakin menurun. Hal ini terlihat dari menurunnya nilai stabilitas dan leleh serta *Marshall Quotient* (MQ). Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar 8. Untuk batas ketentuan spesifikasi campuran :

Tabel 6. Ketentuan Sifat Campuran (*Diretorate General of Highways, 2020*)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang			75	112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.		0,6	
	Maks.		1,6	
Rongga dalam campuran (%)	Min.		3,0	
	Maks.		5,0	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.		800	1800
Pelelehan (mm)	Min.		2	3
	Maks		4	6
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min.		90	
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min.		2	

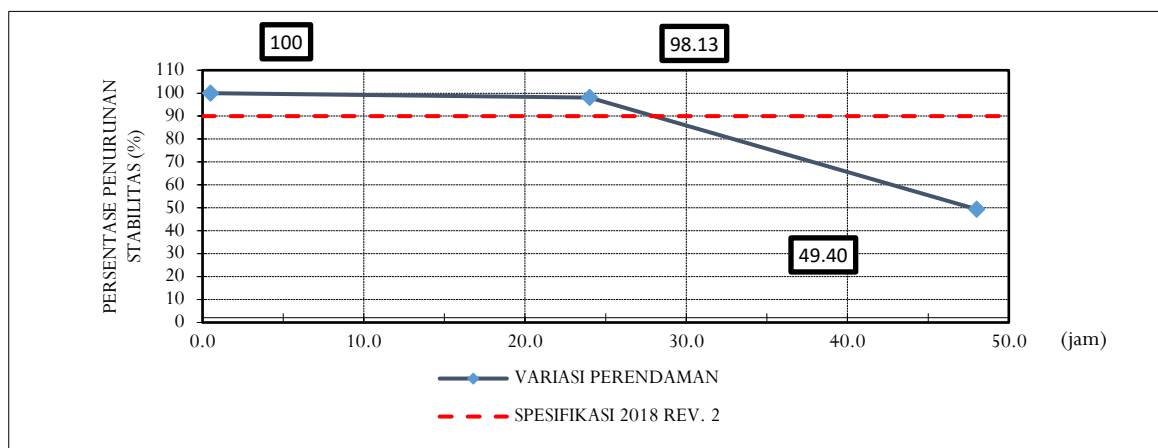
Sumber : Dokumen Pribadi

Setelah perhitungan dengan variasi perendaman didapatkan hasil yang dituangkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 12. Grafik Perbandingan Perendaman dalam Nilai Stabilitas
Sumber : Dokumen Pribadi

Berdasarkan Grafik Perbandingan Perendaman dalam Nilai Stabilitas yang menunjukkan penurunan, dapat disimpulkan bahwa perendaman dalam air hujan dapat berdampak negatif pada nilai stabilitas campuran aspal panas. Semakin lama perendaman, semakin menurun pula nilai stabilitas campuran aspal panas tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa air hujan dapat merusak campuran aspal panas dan mengurangi kinerjanya dalam perkerasan jalan.



Gambar 13. Grafik Persentase Penurunan Stabilitas
Sumber : Dokumen Pribadi

Berdasarkan Grafik Persentase Penurunan Stabilitas seperti yang terlihat diatas, dapat disimpulkan bahwa perendaman dalam air hujan dapat berdampak negatif pada nilai stabilitas campuran aspal panas. Semakin lama perendaman, semakin menurun pula nilai stabilitas campuran aspal panas tersebut. Untuk batas spesifikasi yaitu 90 untuk variasi perendaman selama 48 jam stabilitas sangat menurun dan tidak memenuhi spesifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa air hujan dapat merusak campuran aspal panas dan mengurangi kinerjanya dalam perkerasan jalan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Penelitian mengenai Analisis Pengaruh Rendaman Air Hujan Terhadap Kinerja Laston Berdasarkan Karakteristik Marshall dan Stabilitas Sisa, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perendaman air hujan memiliki dampak signifikan terhadap kinerja lapisan perkerasan aspal. Air hujan yang meresap ke dalam lapisan perkerasan jalan dapat mengubah sifat fisik dan mekaniknya, yang pada akhirnya memengaruhi kinerja perkerasan dalam jangka panjang. Studi ini menemukan bahwa perendaman dalam jangka waktu yang lebih lama cenderung menurunkan karakteristik *marshall* dan

stabilitas sisa dari campuran AC-WC. Pentingnya melindungi campuran aspal panas dari paparan air hujan yang berkepanjangan untuk mempertahankan kinerja dan ketahanannya terhadap kondisi lingkungan. Hal ini mendukung urgensi untuk mengembangkan strategi perlindungan yang efektif terhadap campuran aspal panas guna meningkatkan umur pakai jalan raya dan meminimalkan biaya perawatan.

2. Terdapat perbedaan yang signifikan dalam kinerja laston yang direndam air hujan selama 24 jam dan 48 jam, dengan penurunan stabilitas sebesar 98,13% pada 24 jam dan 49,40% pada 48 jam. Hal ini menunjukkan bahwa lamanya waktu perendaman secara langsung memengaruhi nilai stabilitas dan kekuatan campuran beraspal. Semakin lama campuran direndam, semakin signifikan penurunan stabilitasnya. Perlu ditekankan bahwa pentingnya mempertimbangkan faktor waktu perendaman dalam perencanaan dan pemeliharaan infrastruktur jalan, serta menyarankan untuk mengembangkan metode evaluasi yang lebih akurat dalam menilai ketahanan campuran beraspal terhadap paparan air hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C131. (2014). C131/C131M-14 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. *Annual Book of American Society for Testing Materials ASTM Standards, West Conshohocken, USA*, 04(Note 2), 5–8.
- Bethary, R. T., Intari, D. E., Fathonah, W., Miftaful, Z., Sultan, U., Tirtayasa, A., Jenderal, J., & Km, S. (n.d.). Pengaruh Air Hujan Di Kota Industri Terhadap Kinerja Campuran Beraspal Modifikasi Polimer. *Jurnal Transportasi*, 20(3), 213–220.
- Chairuddin, F., Tjaronge, W., Ramli, M., & Patanduk, J. (2019). Experimental Permeable Asphalt Pavement Using Local Material Domato Stone on Quality of Porous Asphalt. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(4), 226–235. <https://doi.org/10.24002/jts.v14i4.1998>
- Diretorate General of Highways. (2020). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). *Ministry of Public Works and Housing, Oktober*, 1036.
- Nurlaily, I., & Rahardjo, B. (2017). Pengaruh Lama Perendaman Air Hujan Terhadap Kinerja Laston (AC-WC) Berdasarkan Uji Marshall. *Jurnal Bangunan*, 22(1), 1–12.
- Pataras, M., Kurnia, A. Y., Hastuti, Y., & ... (2017). Pengaruh Genangan Air Hujan Terhadap Laston Wearing Course Menggunakan Modifikasi Asbuton Lga Tipe 50/30. ... *Ii Uniid 2017, September*, 978–979. <http://www.conference.unsri.ac.id/index.php/uniid/article/view/640>
- Pau, D. I., & Arifin, S. (2016). Analisa Pengaruh Air Hujan Terhadap Kinerja Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). *Jurnal SiarTek*, 2(2), 20–32.
- Sukirman, S. (2003). Beton Aspal Campuran Panas. In *Granit Yayasan Obor Indonesia*. (Vol. 53, Issue 9).
- Wirahaji, I. B., & Wardani, A. M. C. (2019). Pengaruh Air Hujan terhadap Karakteristik Marshall Campuran Aspal Panas pada Lapis Permukaan Jalan. *Widya Teknik*, 13(02), 67–76. <https://doi.org/10.32795/widyateknik.v13i02.510>