



Analisis Karakteristik *Marshall* Campuran Aspal AC-WC Pada Kondisi *Ambient Temperature*

Fitra Aulia Azmi^{1*}, Said Jalalul Akbar², Maizuar³

¹⁻³ Departement of Civil Engineering, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia

Email: fitra.210110032@mhs.unimal.ac.id^{1*}, saidjalalul.akbar@unimal.ac.id²,

maizuar@unimal.ac.id³

*Penulis Korespondensi: fitra.210110032@mhs.unimal.ac.id

Abstract. Highways play a strategic role in supporting economic development, so the quality of pavement materials (flexible pavement) must meet previously established quality standards. The Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) layer, as the topmost layer of flexible pavement, is susceptible to damage caused by aging triggered by environmental conditions, particularly ambient temperature. Temperatures above 30°C are known to accelerate plastic deformation (rutting) and reduce pavement bearing capacity. The Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency indicates that temperatures in Lhokseumawe City, North Aceh, range from 33.7–35.3°C with day-night fluctuations that could potentially accelerate the degradation of mechanical properties. This study aims to analyze the Marshall characteristics of AC-WC asphalt mixtures under ambient temperature conditions. The testing was conducted with varying exposure times of 0, 15, 30, 45, 60, 75, and 90 days at a minimum temperature of 23.90°C and a maximum temperature of 31.80°C, with an average humidity of 87.93%. The test results showed that the AC-WC asphalt mixture experienced a decrease in stability value of 21.37% and an increase in flow value of 36.36%, resulting in a decrease in the Marshall Quotient (MQ) value of 42.52%.

Keywords: AC-WC; Ambient Temperature; Asphalt Aging; Economic Development; Marshall Characteristics.

Abstrak. Jalan raya memiliki peran strategis dalam mendukung pembangunan ekonomi, sehingga kualitas material perkerasan (perkerasan lentur) harus memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan sebelumnya. Lapisan *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) sebagai bagian teratas perkerasan lentur rentan mengalami kerusakan akibat penuaan (aging) yang dipicu oleh kondisi lingkungan, terutama pada kondisi *ambient temperature*. Suhu diatas 30°C diketahui dapat mempercepat deformasi plastis (*rutting*) dan menurunkan daya dukung perkerasan. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika menunjukkan suhu di Kota Lhokseumawe, Aceh Utara, berkisar 33,7–35,3°C dengan fluktuasi siang–malam yang berpotensi mempercepat degradasi sifat mekanik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik *Marshall* pada campuran aspal AC-WC pada kondisi *ambient temperature*. Pengujian dilakukan dengan variasi waktu paparan yaitu 0, 15, 30, 45, 60, 75 dan 90 hari pada suhu minimum 23,90°C dan maksimum 31,80°C, dengan kelembapan rata-rata 87,93%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran aspal AC-WC mengalami penurunan pada nilai stabilitas sebesar 21,37% dan nilai *flow* mengalami peningkatan sebesar 36,36% yang menyebabkan nilai *Marshall Quotient* (MQ) mengalami penurunan sebesar 42,52%.

Kata kunci: AC-WC; Ambient Temperature; Karakteristik Marshall; Pembangunan Ekonomi; Penuaan Aspal.

1. LATAR BELAKANG

Jalan raya merupakan infrastruktur strategis yang berperan penting dalam mendukung mobilitas barang dan orang. Kualitas material perkerasan, khususnya aspal harus memenuhi standar mutu agar mampu menunjang ketahanan jalan dalam jangka panjang. Lapisan *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) sebagai lapisan teratas perkerasan lentur rentan mengalami kerusakan akibat beban lalu lintas maupun faktor lingkungan.

Salah satu faktor dominan yang memengaruhi kinerja perkerasan adalah *ambient temperature*. Proses penuaan (*aging*) pada aspal dipicu oleh kondisi lingkungan terbuka, terutama suhu dan kelembapan (Mashuri & Rahman, 2020). Suhu di atas 30°C diketahui dapat

mempercepat deformasi plastis (*rutting*) dan menurunkan daya dukung perkerasan (Zhang et al., 2023).

Data BMKG menunjukkan bahwa suhu udara di Kota Lhokseumawe, Aceh Utara, berkisar antara 19,7–21°C pada malam hari dan 33,7–35,3°C pada siang hari. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh iklim tropis serta siklus siang–malam yang dapat mempercepat kerusakan pada lapisan aspal (Sukirman, 1999).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan parameter *Marshall* pada campuran aspal AC-WC akibat paparan *ambient temperature* dalam periode waktu tertentu. Selain itu, hasil penelitian dibandingkan dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 guna mengetahui tingkat kesesuaiannya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa informasi ilmiah terkait kinerja campuran AC-WC pada kondisi nyata di lapangan, sekaligus menjadi acuan teknis dalam peningkatan kualitas dan ketahanan perkerasan jalan di Indonesia.

2. KAJIAN TEORITIS

Bagian ini menguraikan teori-teori relevan yang mendasari topik penelitian dan memberikan ulasan tentang beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dan memberikan acuan serta landasan bagi penelitian ini dilakukan. Jika ada hipotesis, bisa dinyatakan tidak tersurat dan tidak harus dalam kalimat tanya.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya, Geoteknologi, dan Hidroteknik Universitas Malikussaleh. Agregat diperoleh dari PT. Abad Jaya Sentosa Abadi, sedangkan semen Portland diproduksi oleh PT. Semen Andalas Indonesia. Penelitian ini diawali dengan studi literatur untuk mengkaji teori dan temuan terdahulu yang relevan dengan topik, dilanjutkan dengan persiapan peralatan dan material penelitian yang akan diuji sifat fisisnya untuk memastikan kesesuaiannya dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Pengujian sifat fisis agregat meliputi analisis saringan, berat jenis dan penyerapan air, dan berat isi. Hasil pengujian digunakan untuk menyusun rancangan campuran (*mix design*) yang menjadi dasar dalam penentuan kadar aspal optimum (KAO).

Benda uji diproduksi menggunakan kadar aspal optimum (KAO) yang telah ditentukan, kemudian diekspos pada kondisi *ambient temperature* dengan variasi durasi paparan 0, 15, 30, 45, 60, 75, dan 90 hari. Setiap variasi waktu terdiri dari tiga benda uji untuk memastikan validitas data. Setelah periode paparan, dilakukan pengujian *Marshall* sesuai SNI 06-2489-

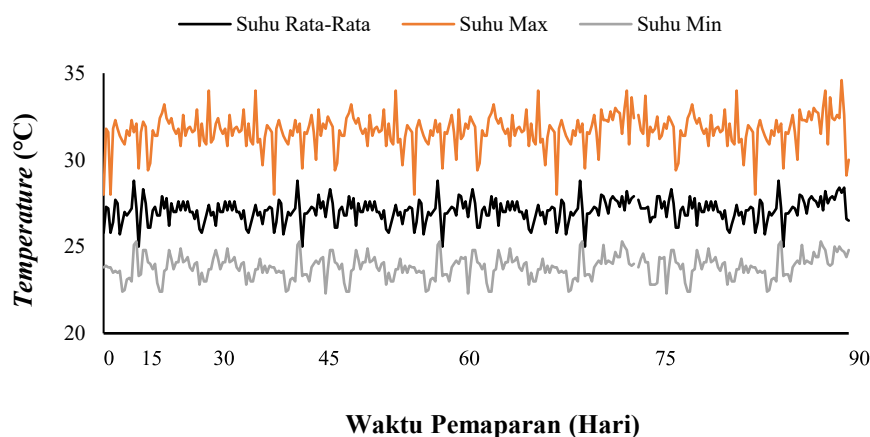
1991 untuk memperoleh parameter *Marshall*. Tahapan pengujian *Marshall* mencakup pengukuran berat benda uji dalam kondisi kering, jenuh, dan terendam, serta perendaman dalam waterbath bersuhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ sebelum pengujian.

Analisis data dilakukan setelah mendapatkan hasil perhitungan parameter *Marshall* berupa stabilitas, *flow*, VIM, VFA, VMA, *density* dan *Marshall Quotient* (MQ). Proses analisis ini digunakan untuk mengevaluasi pengaruh *ambient temperature* terhadap kinerja campuran aspal AC-WC.

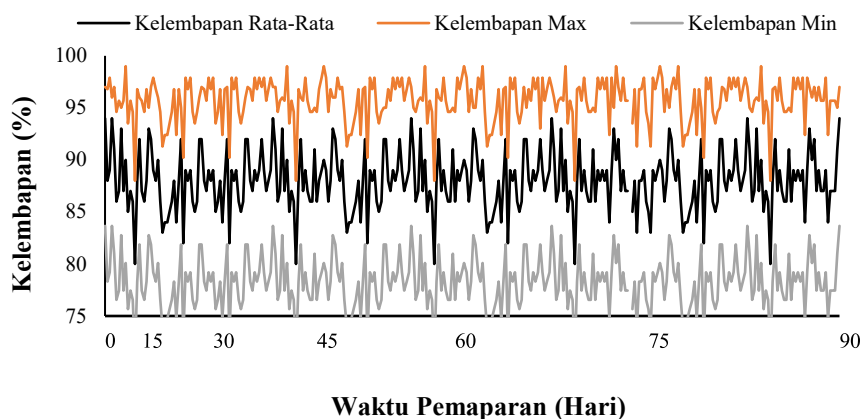
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter *Ambient Temperature*

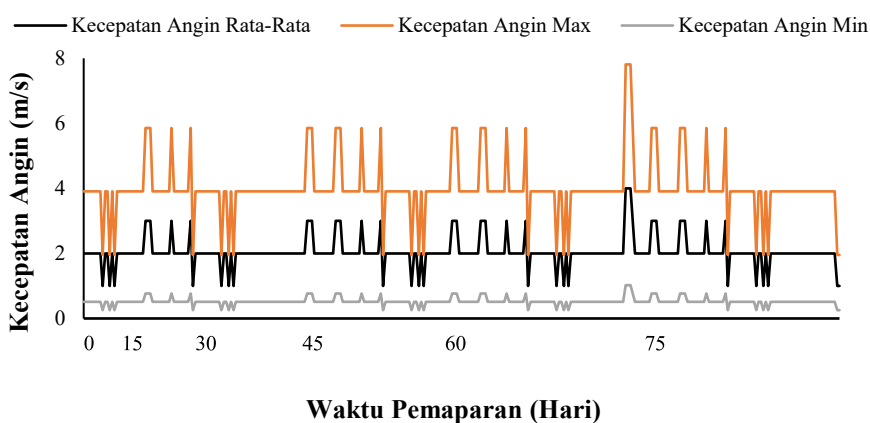
Parameter *ambient temperature* diamati melalui suhu, kelembapan, dan kecepatan angin untuk mengevaluasi pengaruh lingkungan terhadap karakteristik *Marshall* campuran AC-WC. Suhu selama pemaparan menunjukkan fluktuasi harian dengan suhu maksimum $28\text{--}31,81^{\circ}\text{C}$, minimum $23,56\text{--}23,91^{\circ}\text{C}$, dan rata-rata $25,80\text{--}27,18^{\circ}\text{C}$ yang merepresentasikan kondisi termal dilapangan. Kelembapan udara relatif stabil dengan rentang maksimum $95\text{--}97\%$, minimum $78\text{--}84\%$, dan rata-rata $88\text{--}94\%$ sehingga berpotensi memengaruhi proses penguapan dan ikatan aspal. Kecepatan angin tercatat dengan maksimum $3,54\text{--}4,16\text{ m/s}$, minimum $0,49\text{--}0,55\text{ m/s}$, dan rata-rata $1,81\text{--}2,13\text{ m/s}$ yang dapat memengaruhi evaporasi permukaan sampel. Ketiga faktor ini menjadi acuan penting dalam analisis perubahan karakteristik *Marshall* pada campuran AC-WC.



Gambar 1. Profil suhu selama masa pemaparan.



Gambar 2. Profil kelembapan selama masa pemaparan.



Gambar 3. Profil kecepatan angin selama masa pemaparan.

Benda Uji Kadar Aspal Optimum

Komposisi campuran agregat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas 46% agregat kasar, 52% agregat halus, dan 2% *filler*. Berdasarkan hasil perhitungan, proporsi tersebut berada dalam rentang gradasi yang sesuai dengan ketentuan pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Selanjutnya, melalui perhitungan empiris yang dapat dilihat pada Lampiran A.2, diperoleh kadar aspal rencana (Pb) sebesar 5,31%. Nilai tersebut kemudian dibulatkan menjadi 5,5% dan digunakan sebagai kadar aspal tengah yang dijadikan acuan dalam proses pembuatan benda uji guna menentukan kadar aspal optimum yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar aspal rencana.

Kadar Aspal Rencana				
I	II	Pb	IV	V
4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%

Setelah kadar aspal rencana (Pb) ditentukan, dilakukan perhitungan proporsi campuran untuk setiap variasi kadar aspal yang digunakan dalam uji *Marshall*, yaitu 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5% dengan interval 0,5%. Total berat campuran ditetapkan sebesar 1200 gr dengan jumlah aspal pada tiap variasi dihitung berdasarkan persentasenya terhadap total berat tersebut. Sisa berat campuran kemudian dialokasikan untuk fraksi agregat, yaitu 46% agregat kasar, 52% agregat halus, dan 2% *filler* sesuai rancangan awal. Komposisi lengkap dari masing-masing variasi kadar aspal digunakan sebagai dasar dalam proses pembuatan benda uji *Marshall* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi KAO campuran aspal AC-WC.

Kadar Aspal (%)	Material						Total (gr)
	CA (gr)	MA (gr)	Dust (gr)	Pasir (gr)	Filler (gr)	Aspal (gr)	
4,5	194,82	332,34	424,02	171,90	22,92	54	1200
5	193,80	330,60	421,80	171,00	22,80	60	1200
5,5	192,78	328,86	419,58	170,10	22,68	66	1200
6	191,76	327,12	417,36	169,20	22,56	72	1200
6,5	190,74	325,38	415,14	168,30	22,44	78	1200

Serangkaian pengujian di laboratorium Jalan Raya, Geoteknologi, dan Hidroteknik Universitas Malikussaleh dilakukan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dengan sejumlah parameter seperti *density*, VMA, VIM, VFA, *stability*, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ), yang bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian campuran terhadap Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Hasil menunjukkan bahwa sebagian parameter memenuhi persyaratan spesifikasi, sedangkan sebagian lainnya masih berada di luar batas yang ditentukan. Rincian parameter *Marshall* yang sesuai dengan ketentuan teknis disajikan pada Gambar 4.

No	Kriteria	Spesifikasi	6,15%				
			4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
1	Density	-					
2	VMA	min 15%					
3	VIM	3.0 - 5.0%					
4	VFA	min 65%					
5	Stability	min 800 kg					
6	Flow	2.0 - 4.0 mm					
7	MQ	250 kg/mm					

Gambar 4. Rekapitulasi parameter *marshall* kadar aspal optimum.

Performa Campuran Aspal AC-WC Pada Kondisi *Ambient Temperature*

Hasil pengujian *Marshall* pada campuran aspal AC-WC menunjukkan adanya perubahan yang cukup signifikan pada setiap parameter *Marshall* seiring dengan bertambahnya durasi paparan terhadap *ambient temperature*. Penelitian ini menggunakan variasi waktu paparan mulai dari 0 hari sebagai sampel acuan tanpa paparan, serta 15, 30, 45, 60, 75, dan 90 hari. Setiap interval waktu tersebut merepresentasikan kondisi aktual campuran aspal setelah mengalami paparan langsung terhadap *ambient temperature* selama jangka waktu tertentu. Perubahan parameter *Marshall* menunjukkan adanya perubahan yang diakibatkan oleh *ambient temperature*.

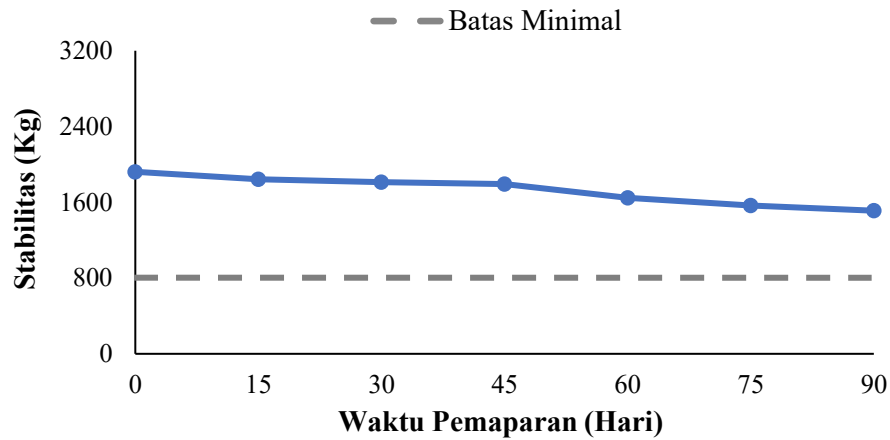
Tingkat ketahanan campuran aspal terhadap *ambient temperature* selama periode tertentu dianalisis melalui perubahan karakteristik akibat paparan pada *ambient temperature*. Analisis dilakukan berdasarkan parameter stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, dan kadar void untuk mengidentifikasi perubahan yang terjadi. Seluruh hasil pengujian *Marshall* ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian *marshall* campuran aspal AC-WC pada kondisi *ambient temperature*.

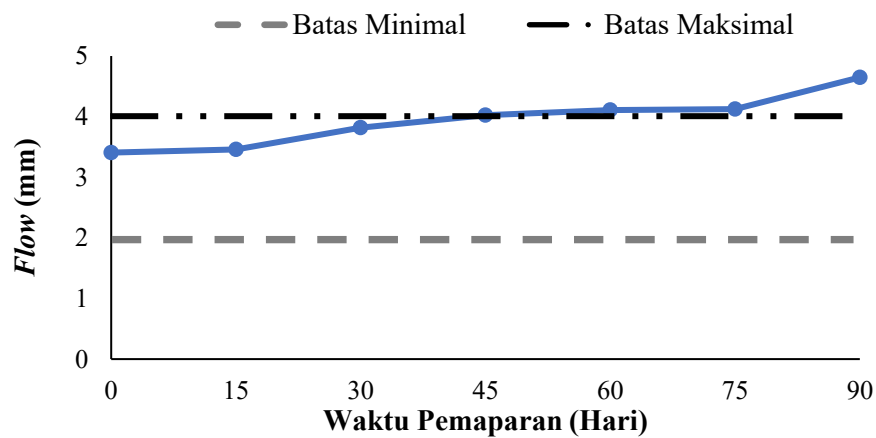
Karakteristik <i>Marshall</i>								
No	Hari Paparan	<i>Stability</i> (kg)	<i>Flow</i> (mm)	MQ (kg/mm)	<i>Density</i> (gr/cm ³)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)
1	0	1921,78	3,41	566,57	2,33	15,67	4,43	71,78
2	15	1843,58	3,46	547,01	2,31	16,38	5,23	68,05
3	30	1811,50	3,82	478,76	2,31	16,55	5,43	67,20
4	45	1791,63	4,02	446,74	2,30	16,71	5,60	66,51
5	60	1645,85	4,11	406,30	2,30	16,65	5,54	66,76
6	75	1566,88	4,13	383,66	2,30	16,71	5,61	66,46
7	90	1511,09	4,65	325,70	2,29	17,07	6,02	64,79

Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran AC-WC mengalami penurunan stabilitas selama paparan pada kondisi *ambient temperature* dengan suhu maksimum 31,81°C, yang mengindikasikan adanya pengaruh negatif suhu terhadap ketahanan campuran. Peningkatan suhu juga mendorong kenaikan nilai *flow* akibat pelunakan material, sehingga lapisan perkerasan lebih rentan terhadap deformasi permanen. Nilai *Marshall Quotient* (MQ) tercatat menurun seiring durasi paparan, meskipun tingkat kepadatan relatif stabil. Sementara itu, VMA cenderung meningkat akibat proses penuaan aspal, sedangkan VIM dan VFA menunjukkan fluktuasi yang mencerminkan perubahan struktur internal serta distribusi aspal dalam rongga agregat. Secara keseluruhan, meskipun terjadi perubahan karakteristik

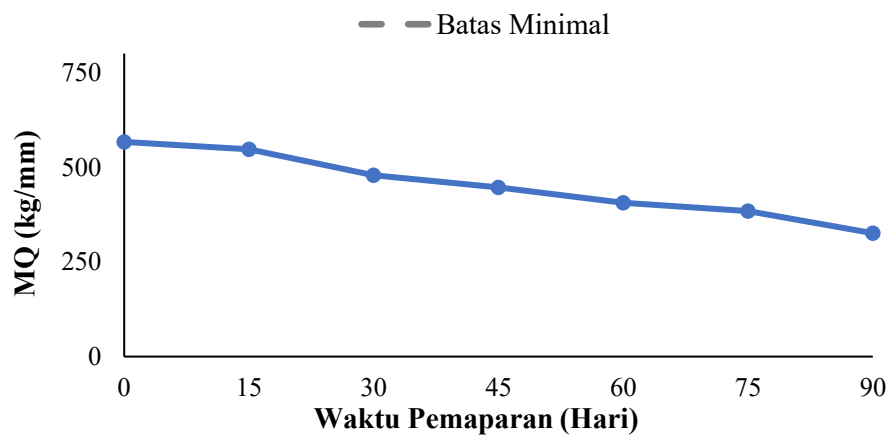
Marshall, nilai yang diperoleh masih berada dalam batas standar sehingga kinerja campuran tetap dapat dipertahankan.



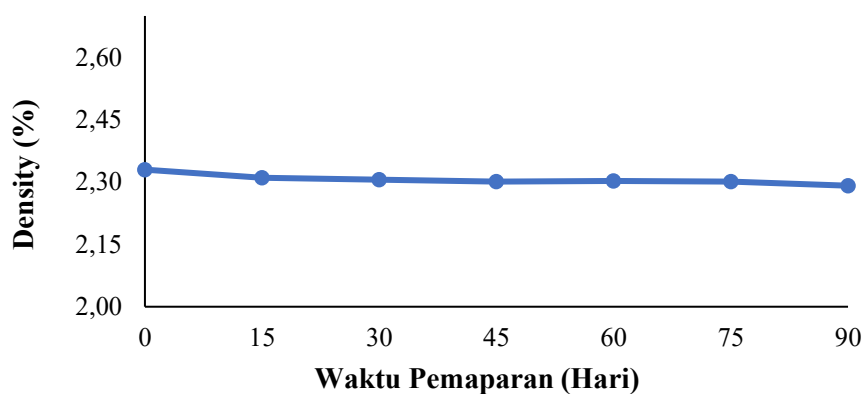
Gambar 5. Stabilitas pada kondisi *ambient temperature*.



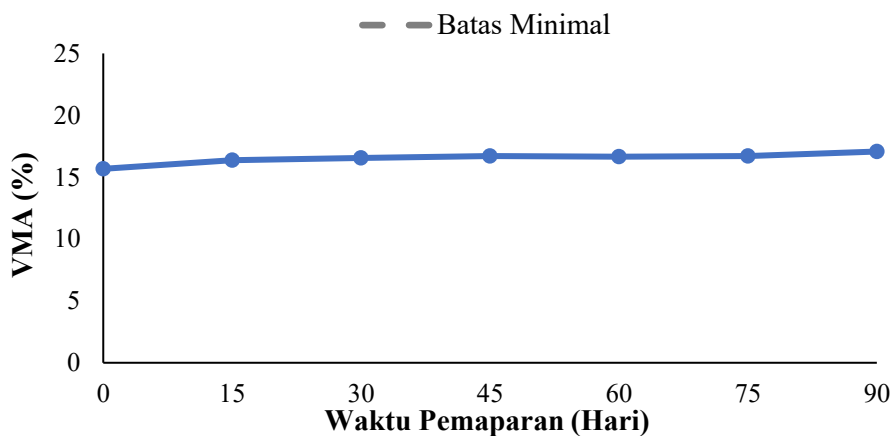
Gambar 6. Flow pada kondisi *ambient temperature*.



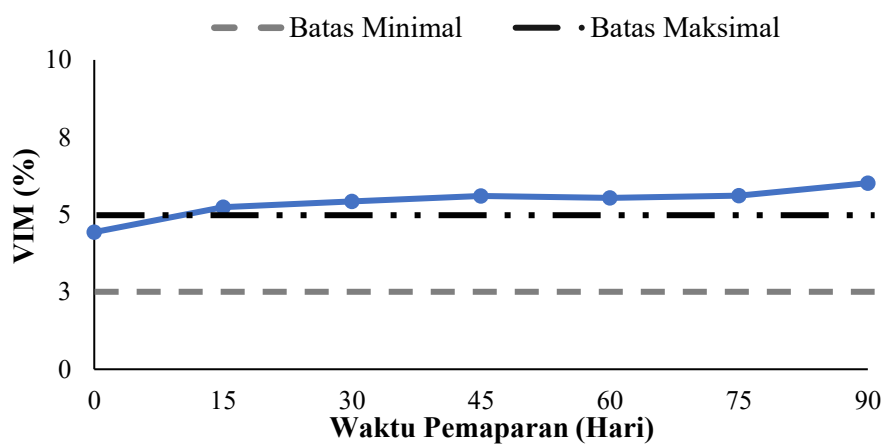
Gambar 7. Marshall Quotient (MQ) pada kondisi *ambient temperature*.



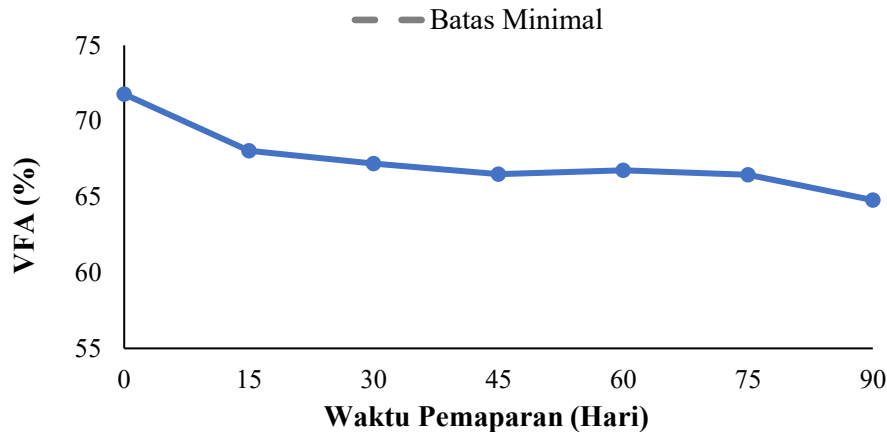
Gambar 8. *Density pada kondisi ambient temperature*



Gambar 9. *VMA pada kondisi ambient temperature*



Gambar 10. *VIM pada kondisi ambient temperature*



Gambar 11. VFA pada kondisi *ambient temperature*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Campuran aspal AC-WC secara umum menunjukkan kinerja yang baik berdasarkan parameter *Marshall* dan masih sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Stabilitas dan *Marshall Quotient* (MQ) konsisten berada di atas batas minimum, meskipun keduanya mengalami penurunan seiring bertambahnya periode pemaparan. Sebaliknya, nilai *flow* cenderung meningkat dan hanya memenuhi spesifikasi hingga hari ke-30, sementara VMA tetap berada di atas batas minimum serta VIM dan VFA hanya sesuai pada beberapa variasi pemaparan. Pemaparan pada kondisi *ambient temperature* dengan suhu tertinggi 31,81°C menyebabkan penurunan stabilitas sebesar 21,37%, peningkatan *flow* sebesar 36,36%, serta penurunan MQ sebesar 42,52%, yang secara keseluruhan mencerminkan berkurangnya kekakuan dan daya tahan campuran terhadap beban. Oleh karena itu, meskipun campuran AC-WC masih mampu mempertahankan kekuatan dan kekakuan struktural, pemaparan jangka panjang pada kondisi *ambient temperature* berpotensi menurunkan performa dan meningkatkan risiko deformasi plastis (*rutting*).

DAFTAR REFERENSI

- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2024). *Data suhu rata-rata di Lhokseumawe tahun 1994–2024*. Diakses 14 April 2025, dari <https://www.bmkg.go.id/iklim/informasi-iklim.bmkg>
- Badan Standardisasi Nasional. (1998). *SNI 03-4804-1998: Berat isi agregat dan rongga di antara butir agregat*. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2003). *RSNI M-01-2003: Metode pengujian campuran beraspal panas dengan alat Marshall*. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI ASTM C136:2012: Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates*. BSN.

- Badan Standardisasi Nasional. (2016a). *SNI 1969:2016: Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016b). *SNI 1970:2016: Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*. BSN.
- Li, F., & Wang, Y. (2024). Use of accelerated natural aging to simulate long-term asphalt binder aging in pavements. *Transportation Research Record*, 2678(2), 266–278. <https://doi.org/10.1177/03611981231173635>
- Mashuri, M., & Rahman, R. (2020). Pengaruh penuaan aspal pada karakteristik campuran beton aspal lapis aus AC-WC. *Rekonstruksi Tadulako: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 47–56. <https://doi.org/10.22487/renstra.v1i2.30>
- Miao, Y., Sheng, J., & Ye, J. (2022). An assessment of the impact of temperature rise due to climate change on asphalt pavement in China. *Sustainability*, 14(15). <https://doi.org/10.3390/su14159044>
- Overseas Centre. (1993). *A guide to the structural design of bitumen-surfaced roads in tropical and sub-tropical countries* (Overseas Road Note No. 31). Transport Research Laboratory.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan jalan lentur*. Nova.
- Supriadi, T., Syafaruddin, A. S., & Azwansyah, H. (2018). Perkerasan campuran aspal AC-WC terhadap sifat penuaan aspal. *Jelast: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, 5(2), 2–15.
- Yamin, R. A., & Herman. (2005). Pengaruh lingkungan tropis Indonesia pada penuaan aspal dan modulus kekakuan resilien campuran beraspal. *Jurnal Transportasi*, 5(2), 100.
- Yan, X., et al. (2024). Study on the effect of hot and humid environmental factors on the mechanical properties of asphalt concrete. *Materials*, 17(20). <https://doi.org/10.3390/ma17204942>
- Zhang, K., Wang, S., Yang, W., Zhong, X., Liang, S., Tang, Z., & Quan, W. (2023). Influence of temperature and humidity coupling on rutting deformation of asphalt pavement. *Science and Engineering of Composite Materials*, 30(1). <https://doi.org/10.1515/secm-2022-0232>