



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 1 Tahun 2025 Page 6948-6964

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Analisis Durasi Perendaman Campuran Aspal Beton untuk Perkerasan Runway

Anwar Efendy^{1✉}, Aulia Muttaqin², Yuliana Santika³

Universitas Muhammadiyah Mataram

Email: anwar_efendy@ummat.ac.id^{1✉}

Abstrak

Runway adalah salah satu infrastruktur yang difungsikan sebagai area pergerakan pesawat saat lepas landas dan mendarat. Gradasi agregat dalam campuran beraspal memiliki peran krusial dalam menentukan sifat-sifat mekanik dan hidrolis campuran. Pada penelitian ini dilakukan pengujian Marshall dengan variasi durasi perendaman 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, dan 180 menit dengan tujuan untuk mengetahui nilai karakteristik campuran dan daya tahan campuran menggunakan gradasi FAA dan gradasi BBA. Berdasarkan hasil pengujian Marshall diperoleh nilai stabilitas pada gradasi FAA dan BBA telah memenuhi standar spesifikasi dengan nilai stabilitas tertinggi berada didurasi perendaman 60 menit. Dimana nilai stabilitas pada gradasi FAA diperoleh nilai sebesar 1928,30 Kg dan gradasi BBA diperoleh nilai sebesar 1598,01 Kg, sedangkan nilai stabilitas terendah berada didurasi perendaman 180 menit. Kemudian dari nilai stabilitas didapatkan nilai durabilitas campuran pada gradasi FAA dan BBA sudah memenuhi standar, dimana pada perendaman 90 menit diperoleh nilai IKS tertinggi yaitu sebesar 98,97%.

Kata Kunci: *Runway, Perendaman, Marshall*

Abstract

Runway is one of the infrastructures that functions as an area for aircraft movement during takeoff and landing. Aggregate gradation in asphalt mixtures has a crucial role in determining the mechanical and hydraulic properties of the mixture. In this study, Marshall testing was carried out with variations in immersion duration of 60 minutes, 90 minutes, 120 minutes, 150 minutes, and 180 minutes with the aim of determining the value of the mixture characteristics and the durability of the mixture using FAA gradation and gradation. Based on the results of the Marshall test, the stability values of the FAA and BBA gradations have met the specification standards with the highest stability value at a soaking duration of 60 minutes. Where the stability value at the FAA gradation obtained a value of 1928.30 Kg and the BBA gradation obtained a value of 1598.01 Kg, while the lowest stability value was at a soaking duration of 180 minutes. Then, from the stability value, it was found that the durability value of the mixture at the FAA and BBA gradations had met the standards, where at 90 minutes of immersion, the highest IKS value was obtained, namely 98.97%.

Keywords: *Runway, Immersion, Marshall*

PENDAHULUAN

Bandar udara atau bisa disebut bandara merupakan salah satu sistem transportasi udara yang menjadi salah satu pilar utama dalam perekonomian Indonesia. Salah satu bagian yang sangat penting di bandara adalah runway. Runway merupakan struktur perkerasan yang difungsikan untuk pesawat melakukan pergerakan seperti mendarat dan lepas landas (Yunus, 2024). Aspal beton (laston) adalah salah satu lapisan perkerasan yang banyak diterapkan dalam konstruksi landasan pacu yang juga dikenal sebagai Asphalt Concrete (AC).

Menurut Sawaludin, (2018) iklim adalah salah satu faktor yang dapat menyebabkan kerusakan pada konstruksi jalan. Di Indonesia, yang memiliki iklim tropis dengan suhu udara dan curah hujan yang umumnya tinggi, kondisi ini dapat menjadi salah satu penyebab kerusakan pada konstruksi jalan. Gradasi agregat dalam campuran beraspal memiliki peran krusial dalam menentukan sifat-sifat mekanik dan hidrolis campuran. Stabilitas, modulus kekakuan, workability, permeabilitas, durabilitas, resistance to rutting, skid resistance, dan water resistance dari campuran beraspal secara langsung dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel agregat. Gradasi agregat yang terbaik adalah gradasi yang dapat mencapai kepadatan maksimum, dimana partikel halus ditempatkan secara efektif diantara partikel kasar untuk mengurangi ruang kosong dan menghasilkan gradasi yang ideal, sehingga tidak membutuhkan aspal yang besar (Santoso, 2020).

Berdasarkan penelitian Efendy, (2019a) ditemukan bahwa gradasi FAA (Federal Aviation Administration) memiliki kadar aspal optimum sebesar 5,13%, semntara gradasi BBA (Beton Bitumineux Aerontiques) menunjukkan kadar aspal optimum sebesar 6,10%. Nilai KAO ini akan digunakan sebagai acuan dalam penelitian penulis. Pada penelitian Fitri, (2024) yang berjudul "Daya Tahan Campuran Perkerasan Aspal dengan Penambahan Gondorukem terhadap Variasi Perendaman Air". Penelitian ini menggunakan kadar aspal 6,1% degan durasi perendaman standar, 1 hari, 2 hari, dan 3 hari. Hasil analisa menunjukkan durasi perendaman berpengaruh terhadap nilai stabilitas dan flow. Nilai stabilitas tertinggi ada pada perendaman standar yaitu 1132 Kg dan terendah pada perendaman hari ke 3 yaitu 985 Kg namun masih memenuhi syarat minimal stabilitas yaitu 800 Kg. nilai flow yang memenuhi syarat terdapat pada perendaman standar yaitu 3,80 mm sedangkan perendaman hari ke 1, 2 dan 3 tidak memenuhi syarat karena hasilnya melebihi standar flow yang sudah dipersyaratkan.

Eljawati, (2022), melakukan penelitian tentang pengaruh variasi perendaman pada campuran aspal panas terhadap nilai karakteristik marshall. Pada penelitian ini dibuat benda uji marsahall yang akan direndam dalam 6 variasi durasi yaitu; 8 jam, 16 jam, 24 jam, 32 jam, 40 jam dan 48 jam. Hasil uji marshall didapatkan nilai stabilitas meningkat sedangkan untuk nilai flow menurun. Untuk nilai VMA dan VFA dari semua variasi durasi perendaman memenuhi spesifikasi yaitu masing-masing sebesar 15% dan 65%. Sedangkan nilai VIM yang memenuhi syarat spesifikasi yaitu pada durasi 24 jam, 32 jam dan 40 jam. Variasi durasi perendaman merupakan faktor penting dalam penelitian ini karena waktu perendaman dapat memengaruhi interaksi antara aspal dan agregat serta memengaruhi sifat mekanis campuran aspal. Dalam penelitian ini, variasi perendaman yang di uji adalah 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit dan 180 menit untuk mengevaluasi durabilitas perkerasan pada runway dengan berbagai durasi perendaman.

METODE PENELITIAN

Material penelitian

Material yang digunakan meliputi:

- a. Agregat butiran kasar yaitu agregat yang tertahan pada saringan no. 4 diperoleh dari PT. Sinar Bali Binakarya Mujur Kabupaten Lombok Tengah.
- b. Agregat halus merupakan agregat yang lolos pada saringan no. 4 dan tertahan pada saringan no. 200 diperoleh dari PT. Sinar Bali Binakarya Mujur Kabupaten Lombok Tengah.

- c. Aspal yang digunakan pada penelitian ini ialah Aspal yang berpenetrasi 60/70 bersumber dari AMP PT. Sinar Bali Binakarya Mujur Kabupaten Lombok Tengah.

Peralatan penelitian

Peralatan yang digunakan untuk pengujian pada penelitian ini adalah alat uji Marshall dan alat pendukung lainnya yang tersedia di Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi PUPR Provinsi NTB.

Tahapan Penelitian

Adapun uraian dari tahapan penelitian yang dilaksanakan terdiri dari 4 tahapan sebagai berikut:

- a. Tahap persiapan, tahap ini adalah face awal untuk menentukan arah penelitian, dimana semua alat dan bahan yang dibutuhkan harus dipersiapkan dengan seksama.
- b. Tahap pembuatan benda uji, meliputi desain campuran dilakukan sebelum produksi benda uji. Komposisi agregat campuran menggunakan kadar aspal yang telah diperoleh pada penelitian (Efendy, 2019a) yaitu untuk Gradasi FAA digunakan kadar aspal 5,13% dan Gradasi BBA digunakan kadar aspal 6,10%. Komposisi agregat campuran dapat dilihat pada Tabel 2.
- c. Tahap perendaman benda uji, tahap ini benda uji yang sudah dipadatkan, didiamkan dalam waktu 24 jam terlebih dahulu, kemudian benda uji tersebut direndam sampai terendam keseluruhannya di dalam waterbath pada suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, dengan durasi perendaman 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit dan 180 menit. Setelah direndam dalam waterbath pada suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, benda uji baru dilakukan pengujian Marsahll.
- d. Tahap pengujian benda uji, pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji propertis marsahall, yang bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan campuran aspal terhadap kelelahan (flow) dan kesetabilan (stability). Semakin tinggi nilai stabilitas, maka nilai kelelahan (flow) akan cenderung menurun, sehingga bisa disimpulkan bahwa aspal memiliki kemampuan yang baik dalam menahan beban.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium PUPR Provinsi Nusa Tenggara Barat, dengan jumlah sampel benda uji sebanyak 30 buah yang dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji untuk *Marshall Test*

No	Spesifikasi Gradasi	Kondisi Pengujian						Jumlah Benda Uji
		Kadar Aspal Optimum (KAO)	Variasi Durasi Perendaman					
			60 mnt	90 mnt	120 mnt	150 mnt	180 mnt	
1	Gradasi Rapat (FAA)	5.13%	3	3	3	3	3	15
2	Gradasi Terbuka (BBA)	6.10%	3	3	3	3	3	15
Total Kebutuhan Benda Uji			6	6	6	6	6	30

Berikut kebutuhan agregat pada gradasi FAA dan BBA tertera pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Kebutuhan agregat pada gradasi FAA dan BBA

No.	Ukuran Ayakan (mm)	% Batas Tengah	
		FAA	BBA
1"	(25,4 mm)	-	-
3/4"	(19,1 mm)	100	100
1/2"	(12,7 mm)	89	90
3/8"	(9,25 mm)	78	65
No. 4	(4,76 mm)	58	40
No. 8	(2,36 mm)	43	-
No. 10	(2,00 mm)	-	36,5
No. 16	(1,18 mm)	30	-
No. 30	(0,6 mm)	22	-
No. 50	(0,3 mm)	15	-
No. 80	(0,177 mm)	-	17,5
No. 100	(0,15 mm)	11	-
No. 200	(0,074 mm)	4,5	7,5

Adapun persyaratan campuran lapisan aspal beton untuk perkerasan *runway* dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Persyaratan Campuran Lapisan Aspal Beton untuk Perkerasan *Runway*

Jenis	<i>Surface Course (AC)</i>
<i>Stability</i>	2200 lbs
<i>Flow</i>	2-4 mm

<i>Target air voids</i>	3-4 %
<i>Void filled with bitumen</i>	76-82 %
<i>Void mix in asphalt</i>	15%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan hasil dari pengujian di Laboratorium Balai Penguji Material Konstruks DPUPR (Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang) Provinsi Nusa Tenggara Barat. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian Marshall, dari pengujian diperoleh nilai karakteristik Marshall dan dianalisa dalam bentuk tabel serta grafik.

Hasil Perhitungan Nilai Karakteristik Marshall

Perhitungan karakteristik Marshall menghasilkan nilai-nilai untuk stabilitas, flow, Target air voids, VMA, VFB dan MQ. Rata-rata nilai karakteristik Marshall dari tiga benda uji untuk masing-masing gradasi FAA dan BBA disajikan dalam bentuk Tabel 4 dan Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 4. Hasil uji campuran untuk gradasi FAA

Karakteristik Campuran	Gradasi Rapat (FAA)					
	Variasi Durasi Perendaman (mnt)	FAA 1	FAA 2	FAA 3	FAA 4	FAA 5
	Spesifikasi	60	90	110	150	180
		≥ 2200	2.5 - 4	3 - 4	≥ 15%	76 -82 %
VIM	3 - 4 %	3,7	3,7	3,5	3,3	3,9
VMA	≥ 15%	16,0	16,0	15,8	15,7	16,2
VFB	76 -82 %	77,1	77,1	77,0	77,9	76,1
<i>Stabilitas</i>	≥ 2200 (997.8 kg)	1928,3	1902,8	1887,7	1821,7	1688,3
<i>Flow</i>	2,5 - 4 mm	3,8	3,5	3,4	3,6	4,1
MQ	≥ 250 kg/mm	507,3	560,4	553,7	521,5	424,5

Tabel 5. Hasil uji campuran untuk gradasi BBA

Karakteristik Campuran	Gradasi Rapat (BBA)					
	Variasi Durasi Perendaman (mnt)	BBA 1	BBA 2	BBA 3	BBA 4	BBA 5
	Spesifikasi	60	90	110	150	180
		≥ 2150	2.5 - 4	3 - 4	≥ 15%	76 -82 %
VIM	3 - 4 %	3,9	3,9	4,1	3,7	4,3
VMA	≥ 15%	18,4	18,4	18,6	18,2	18,7
VFB	76 -82 %	78,1	78,2	77,2	79,0	76,5

<i>Stabilitas</i>	≥ 2200 (997.8 kg)	1598,0	1553,9	1526,1	1475,9	1360,5
<i>Flow</i>	2,5 - 4 mm	4,0	3,8	3,7	4,0	4,4
MQ	≥ 250 kg/mm	397,3	408,1	415,9	382,1	315,3

Karakteristik campuran tidak hanya disajikan dalam tabel, tetapi juga dalam bentuk gambar melalui grafik yang memperlihatkan hubungan antara durasi perendaman dengan setiap sifat karakteristik campuran. Penguji Marshall memberikan analisis nilai empiris yang meliputi evaluasi stabilitas dan kelelahan atau flow yang dilakukan secara langsung dengan alat uji Marshall. Selain itu, analisis ini mencakup pengukuran parameter volumetric seperti VIM, VMA dan VFB. Hasilnya menunjukkan variasi nilai tergantung pada jenis campuran aspal yang digunakan. Berikut adalah uraian tentang nilai empiris dan karakteristik volumetric dari campuran berdasarkan pengujian.

1. Target air voids

Target air voids atau VIM (Voids in Mixture) mengukur persentase rongga dalam campuran aspal dan berperan penting dalam menentukan durabilitas campuran tersebut. Kemudian gradasi agregat, kadar aspal dan kepadatan campuran dapat mempengaruhi nilai Target air voids. Berikut contoh perhitungan nilai VIM pada gradasi FAA didurasi 60 menit:

Diketahui :

$$\text{Nilai GMM} = 2,585 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Nilai Gmb FFA 1} = 2,501 \text{ gr}$$

$$\text{Nilai Gmb FFA 2} = 2,472 \text{ gr}$$

$$\text{Nilai Gmb FFA 3} = 2,498 \text{ gr}$$

Penyelesaian :

a. FAA 1

$$\begin{aligned} \text{VIM} &= 100 \times \frac{2,585 - 2,501}{2,585} \\ &= 3,268\% \end{aligned}$$

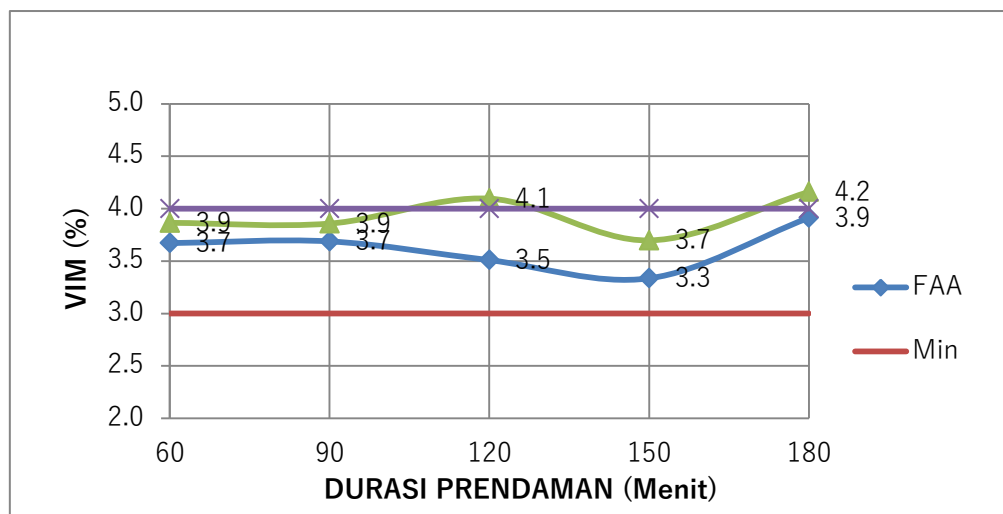
b. FAA 2

$$\begin{aligned} \text{VIM} &= 100 \times \frac{2,585 - 2,472}{2,585} \\ &= 4,365\% \end{aligned}$$

c. FAA 3

$$\begin{aligned} \text{VIM} &= 100 \times \frac{2,585 - 2,498}{2,585} \\ &= 3,382\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata rata} &= \frac{2,498 + 24,365 + 3,382}{3} \\ &= 3,671 = 3,7\% \end{aligned}$$



Gambar 1 Hubungan variasi durasi perendaman vs VIM

Dari Gambar 1, dengan meningkatnya durasi peredaman, nilai VIM juga cenderung meningkat. Sehingga bisa disimpulkan bahwa semakin lama durasi perendaman maka semakin banyak air yang mengisi rongga-rongga pada campuran yang menyebabkan peningkatan nilai VIM. Grafik tersebut menunjukkan bahwa gradasi FAA memenuhi standar persyaratan Kementerian Perhubungan (2013) dengan nilai VIM berkisar 3-4%, gradasi BBA memenuhi standar pada durasi 60,90 dan 150 menit tetapi melebihi batas pada durasi 120 dan 180 menit. Nilai VIM yang kecil bisa menyebabkan bleeding, sedangkan nilai VIM yang besar menunjukkan banyaknya rongga yang dapat mengurangi kedapapan lapisan perkerasan dan meningkatkan kemungkinan porositas.

2. Void In Mineral Agregate (VMA)

VMA (Voids in Mineral Aggregate) menunjukkan pada ruangan kosong yang ada diantara partikel mineral agregat dalam campuran aspal setelah proses pemadatan. Kadar aspal, gradasi campuran, intensitas tumbukan, dan suhu pemadatan mempengaruhi besarnya nilai VMA. Berikut contoh perhitungan nilai VMA pada gradasi FAA didurasi 60 menit:

Diketahui :

Volume total agregat FFA 1 = 84,398%

Volume total agregat FFA 2 = 83,441%

Volume total agregat FFA 3 = 84,299%

Penyelesaian :

a. FAA 1

$$\begin{aligned} \text{VMA} &= 100 - 84,398\% \\ &= 15,602\% \end{aligned}$$

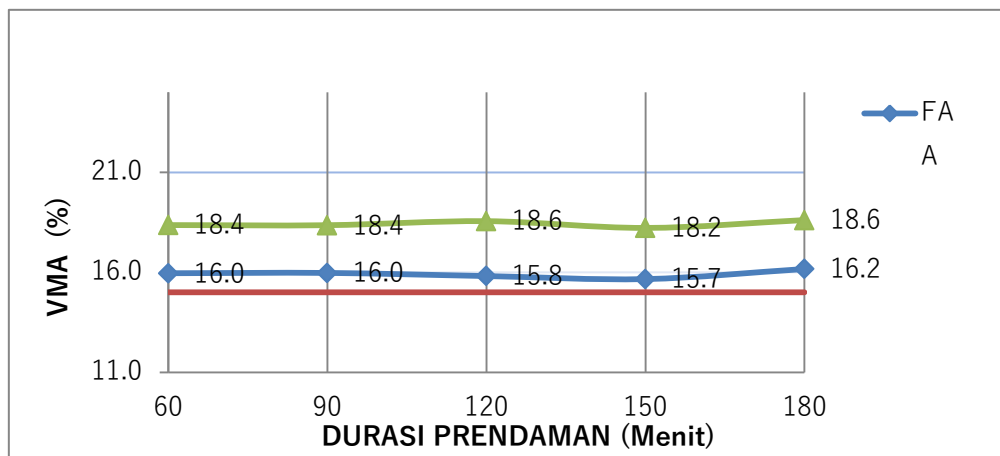
b. FAA 2

$$\begin{aligned} \text{VMA} &= 100 - 83,441\% \\ &= 16,559\% \end{aligned}$$

c. FAA 3

$$\begin{aligned} \text{VMA} &= 100 - 84,299\% \\ &= 15,701\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= (15,602 + 16,559 + 15,702) / 3 \\ &= 15,954 = 16,0\% \end{aligned}$$



Gambar 2 Hubungan variasi durasi perendaman vs VMA

Berdasarkan Gambar 2, kenaikan kepadatan menyebabkan penurunan nilai VMA, karena apabila campuran semakin padat maka rongga-rongga dalam campuran menjadi lebih sedikit. Sedangkan apabila nilai VMA yang mendekati nilai minimum maka menunjukkan ketahanan yang lebih baik. Kerusakan pada campuran bisa disebabkan karena nilai VMA yang lebih tinggi. Umumnya dengan lamanya durasi perendaman, nilai VMA menurun karena air mengisi rongga-rongga agregat yang menyebabkan VMA mencapai nilai minimumnya. Dari pengujian menunjukkan bahwa nilai VMA untuk gradasi FAA dan BBA memenuhi ketentuan Kementerian Perhubungan (2013) yang menetapkan VMA minimum sebesar 15%.

3. Rongga Terisi Aspal / VFB (Voids Filled Bitumen)

VFB (Voids Filled with Bitumen) mengukur seberapa banyak rongga dalam campuran aspal yang terisi oleh aspal itu sendiri. Nilai ini penting untuk menentukan kedapnya campuran terhadap udara dan juga air serta tingkat elastisitasnya. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai VFB termasuk suhu saat pemadatan, kandungan aspal, dan gradasi agregat. Berikut contoh perhitungan nilai VFB pada gradasi FAA didurasi 60 menit:

Diketahui :

$$\text{Volume total aspal FFA 1} = 12,347\%$$

$$\text{Volume total aspal FFA 2} = 12,207\%$$

$$\text{Volume total aspal FFA 3} = 12,333\%$$

Penyelesaian :

a. FAA 1

$$\begin{aligned}\text{VFB} &= 100 \times (12,347/15,602) \\ &= 79,138\%\end{aligned}$$

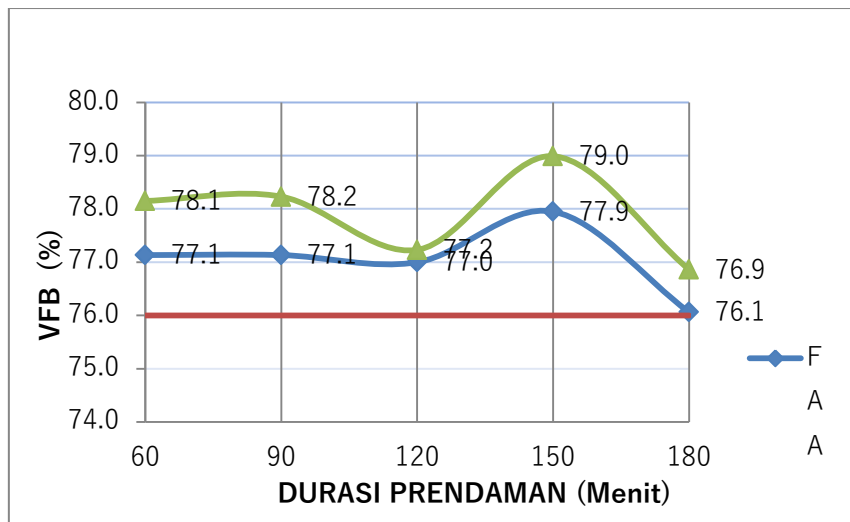
b. FAA 2

$$\begin{aligned}\text{VFB} &= 100 \times (12,207/16,559) \\ &= 73,718\%\end{aligned}$$

c. FAA 3

$$\begin{aligned}\text{VFB} &= 100 \times (12,333/15,701) \\ &= 78,548\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= (79,138 + 73,718 + 78,548)/3 \\ &= 77,134\%\end{aligned}$$



Gambar 3 Hubungan variasi durasi perendaman vs VFB

Gambar 3, memperlihatkan bahwa semakin lama durasi perendaman nilai FVB pada campuran enderung menurun. Penurunan ini disebabkan oleh peningkatan ukuran rongga dalam campuran akibat proses penyerapan air yang lebih lama. VFB menunjukkan perbandingan antara volume aspal dengan volume rongga dalam campuran, minimumnya nilai VFB berarti sedikitnya aspal yang terisi dalam rongga antar agregat, sehingga rongga udara dalam campuran lebih besar dan dapat mengurangi keawetan lapisan perkerasan. Di sisi lain, tingginya nilai VFB dapat menyebabkan masalah bleeding karena rongga antar butir agregat menjadi sangat kecil. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai VFB memenuhi kriteria Kementerian Perhubungan 2013, yaitu antara 76% hingga 82%.

4. Stabilitas (Stability)

Stabilitas ialah ukuran dari daya tahan suatu campuran lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas berlebih tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur, atau bleeding. Beberapa elemen yang mempengaruhi nilai stabilitas termasuk gradasi agregat, kadar aspal dan bentuk serta kekasaran permukaan partikel agregat. Berikut contoh perhitungan nilai Stabilitas pada gradasi FAA didurasi 60 menit:

Diketahui :

Factor kalibrasi = 11,26 Kg

FFA 1:

- Stabilitas bacaan alat = 174
- Angka koreksi = 1,05

FFA 2:

- Stabilitas bacaaban alat = 167
- Angka koreksi = 1,00

FFA 3:

- Stabilitas bacaaban alat = 165
- Angka koreksi = 1,00

Penyelesaian :

FAA 1

$$\begin{aligned}\text{Stabilitas} &= 11,26 \times 174 \times 1,05 \\ &= 2055,977 \text{ Kg}\end{aligned}$$

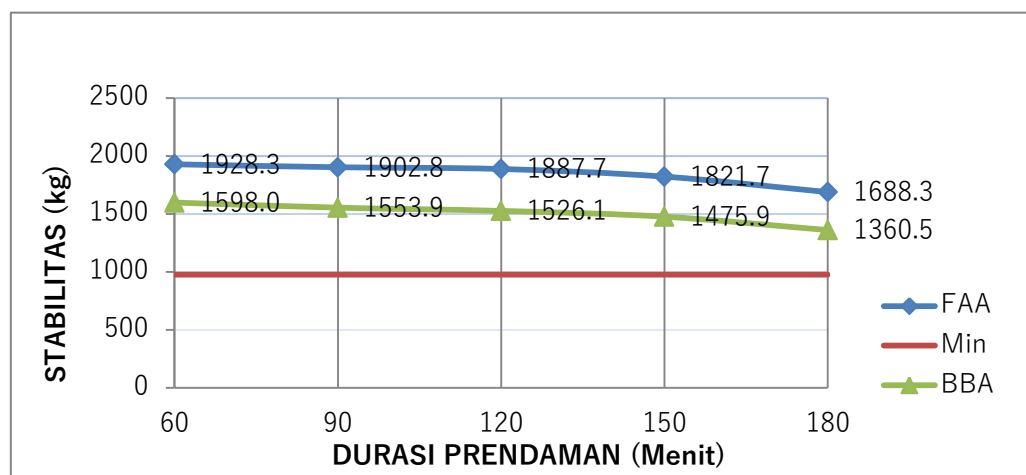
FAA 2

$$\begin{aligned}\text{Stabilitas} &= 11,26 \times 167 \times 1,00 \\ &= 1871,018 \text{ Kg}\end{aligned}$$

FAA 3

$$\begin{aligned}\text{Stabilitas} &= 11,26 \times 165 \times 1,00 \\ &= 1857,900 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= (2055,977 + 1871,018 + 1857,900)/3 \\ &= 1928,298 = 1928,3 \text{ Kg}\end{aligned}$$



Gambar 4 Hubungan variasi durasi perendaman vs stabilitas

Berdasarkan Gambar 4, stabilitas campuran secara umum menurun seiring bertambahnya durasi perendaman hingga mencapai batas tertentu. Penurunan stabilitas ini terjadi secara berturut-turut dari durasi perendaman 60 menit hingga 180 menit, hal ini disebabkan oleh banyaknya air yang meresap ke dalam campuran. Meskipun terdapat perbedaan dalam nilai stabilitas antara gradasi FAA dan BBA, keduanya masih memenuhi

spesifikasi minimum yang ditetapkan oleh Kementerian Perhubungan tahun 2013, yaitu nilai stabilitas minimal sebesar 2200 lbs atau 997,8 kg.

5. Kelelahan (Flow)

Kelelahan (flow) adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana campuran aspal mengalami deformasi plastis akibat beban yang diterapkan. Gradasi agregat, jumlah kadar aspal dan proses pemadatan juga mempengaruhi nilai flow. Berikut ini nilai flow dari tiga benda uji pada gradasi FAA didurasi 60 menit:

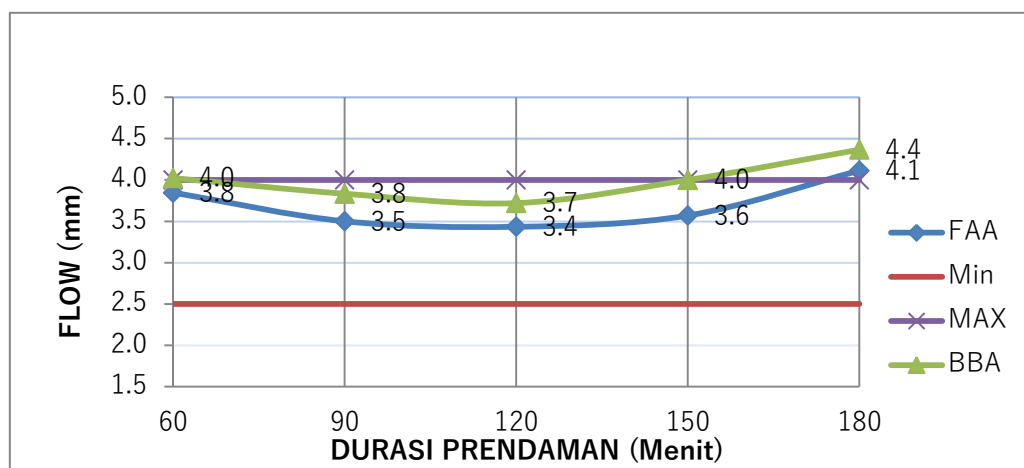
Diketahui :

Flow FAA 1 = 4,20 mm

Flow FAA 2 = 4,14 mm

Flow FAA 3 = 3,20 mm

Rata-rata = $(4,20 + 4,14 + 3,20)/3$
= 3,847 mm



Gambar 5 Hubungan variasi durasi perendaman vs flow

Dari Gambar 5, dapat dilihat bahwa nilai flow pada campuran FAA dan BBA selama durasi perendaman 60 menit hingga 150 menit masih memenuhi standar spesifikasi persyaratan Kementerian Perhubungan (2015) yaitu minimal 2,5 mm – 4 mm. hal ini menunjukkan bahwa semakin lama durasi perendaman, nilai flow juga meningkat karena suhu 60°C menyebabkan campuran menjadi lebih lembek. Sesuai dengan sifat aspal termoplastik, yang melunak pada suhu tinggi dan mengeras saat suhu turun, peningkatan durasi perendaman di suhu tersebut membuat nilai kelelahan meningkat.

6. Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient merupakan rasio antara nilai flow dan stabilitas yang digunakan untuk menilai kekakuan serta fleksibilitas campuran aspal. Semakin tinggi nilai MQ maka semakin kaku campuran tersebut, sedangkan nilai MQ yang rendah menunjukkan campuran yang lebih lentur. Berikut ini contoh perhitungan nilai MQ dari tiga benda uji pada gradasi FAA didurasi 60 menit dapat dihitung dengan persamaan:

$$MQ = \text{Stabilitas/Flow}$$

FAA 1

$$\begin{aligned} MQ &= 2055,977/4,20 \\ &= 489,518 \text{ Kg/mm} \end{aligned}$$

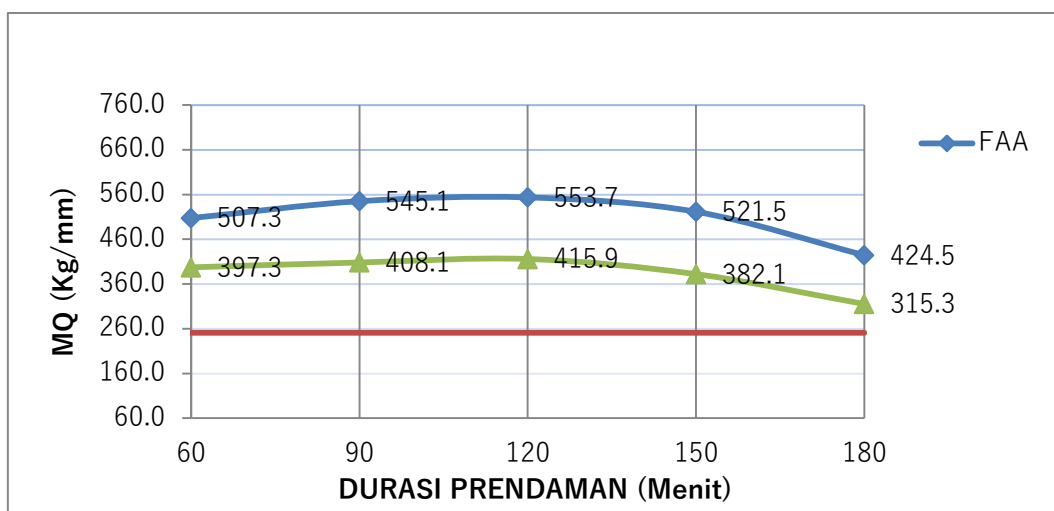
FAA 2

$$\begin{aligned} MQ &= 1871,018/4,14 \\ &= 451,937 \text{ Kg/mm} \end{aligned}$$

FAA 3

$$\begin{aligned} MQ &= 1857,900/3,20 \\ &= 580,594 \text{ Kg/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= (489,518 + 451,937 + 580,594)/3 \\ &= 507,350 \text{ Kg/mm} \end{aligned}$$



Gambar 6 Hubungan variasi durasi perendaman vs MQ

Dari Gambar 6 menunjukkan bahwa sampel pada gradasi FAA dan BBA sudah memenuhi syarat Kementerian Perhubungan tahun 2013, yang menetapkan nilai MQ minimal 2200 lbs atau 997,8 kg/mm. Grafik tersebut juga mengindikasikan bahwa durasi perendaman yang lebih lama akan menyebabkan penurunan nilai MQ (Marshall Quotient), seiring dengan penurunan stabilitas campuran.

Hasil Perhitungan Durabilitas Campuran (Durability Index)

Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk menentukan daya tahan campuran yang kerusakannya disebabkan oleh air, yang diukur menggunakan. Dari nilai stabilitas perendaman hasil uji marshall akan didapatkan nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yang dinyatakan dalam satuan persen (%) dan batas minimum untuk nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) campuran AC-WC yaitu min. 90%. Contoh perhitungan nilai IKS gradasi FAA dapat dihitung dengan persamaan:

$$MQ = (S1/S2) \times 100$$

- a. Nilai IKS perendaman 90 menit

$$\begin{aligned} \text{IKS} &= (1902,77/1928,30) \times 100 \\ &= 98,97\% \end{aligned}$$

- b. Nilai IKS perendaman 120 menit

$$\begin{aligned} \text{IKS} &= (1887,66/1928,30) \times 100 \\ &= 97,97\% \end{aligned}$$

- c. Nilai IKS perendaman 150 menit

$$\begin{aligned} \text{IKS} &= (1821,71/1928,30) \times 100 \\ &= 94,60\% \end{aligned}$$

- d. Nilai IKS perendaman 180 menit

$$\begin{aligned} \text{IKS} &= (1688,31/1928,30) \times 100 \\ &= 87,65\% \end{aligned}$$

Hasil perhitunga nilai durabilitas campuran rata-rata tiga benda uji pada gradasi FAA dan BBA bisa dilihat pada Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6 Hasil perhitungan durabilitas campuran

No	Sifat-Sifat Campuran	Hasil Pengujian					
		Garadsi Rapat (FAA)			Garadsi Terbuka (BBA)		
		KAO (5.13%)			KAO (6.10%)		
		Stabilitas (Kg)	IKS (%)		Stabilitas (Kg)	IKS (%)	
1	Stabilitas perendaman awal 60 menit	1928.30	-	1598.01	-		

2	Stabilitas perendaman 90 menit	1902.77	98.97	1553.85	97.41
3	Stabilitas perendaman 120 menit	1887.66	97.97	1526.09	95.56
4	Stabilitas perendaman 150 menit	1821.71	94.60	1475.91	92.36
5	Stabilitas perendaman 180 menit	1688.31	87.65	1360.46	85.16

Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai stabilitas cenderung menurun dengan meningkatnya durasi perendaman. Penurunan ini terjadi karena durabilitas campuran menurun seiring dengan bertambahnya waktu perendaman. Pada durasi perendaman 90 menit, 120 menit, dan 150 menit, nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) untuk gradasi BBA dan FAA sudah sesuai Spesifikasi Bina Marga (2018), yaitu minimal 90%. Namun pada durasi perendaman 180 menit nilai IKS sudah tidak memenuhi standar yang ditetapkan.

Indeks Kekuatan Sisa (IKS) adalah parameter yang digunakan untuk membandingkan nilai stabilitas benda uji pada berbagai durasi perendaman yaitu, 90 menit, 120 menit, 150 menit dan 180 menit terhadap nilai stabilitas pada perendaman awal selama 60 menit. Seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 6, campuran dengan gradasi FAA memiliki nilai IKS yang lebih optimal daripada gradasi BBA. Ini mengindikasikan bahwa campuran bergradasi rapat memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap kerusakan akibat air daripada campuran bergradasi terbuka, perbedaan ini disebabkan oleh struktur gradasi agregat yang membuat rongga-rongga lebih besar pada campuran bergradasi terbuka, sehingga mengurangi ketahanan campuran terhadap air.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai stabilitas tertinggi pada kedua gradasi berada didurasi perendaman 60 menit, pada Gradasi FAA diperoleh nilai sebesar 1928,30 Kg dan Gradasi BBA diperoleh nilai sebesar 1598,0 Kg, sedangkan nilai stabilitas terendah berada didurasi perendaman 180 menit, pada Gradasi FAA diperoleh nilai sebesar 1612,9 Kg dan Gradasi BBA diperoleh nilai sebesar 1400,1 Kg. Oleh karena itu, semakin lama benda uji direndam maka nilai stabilitas akan semakin kecil. Namun, kedua gradasi ini memiliki nilai stabilitas yang sudah memenuhi spesifikasi yaitu minimal 2200 lbs atau 977.8 kg.

Pada nilai flow kedua gradasi baik FAA maupun BBA didurasi perendaman 180 menit nilainya melebihi standar spesifikasi yaitu minimal 2.5 mm - 4 mm. Adapun hasil perhitungan durabilitas atau daya tahan campuran pada gradasi FAA dan gradasi BBA masing-masing berada pada stabilitas perendaman 90 menit, 120 menit, dan 150 menit sudah memenuhi standar spesifikasi yakni minimal 90% dengan nilai IKS tertinggi

berada pada gradasi FAA pada stabilitas perendaman 90 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, K., & Agusmaniza, R. (2022). Karakteristik Marshall Campuran AC-BC Menggunakan 4% Getah Damar Sebagai Pengganti Aspal. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 161–173.
- Efendy, A., & Ahyudanari, E. (2019a). Analisis Perbandingan Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk Perbedaan Gradasi (BBA, FAA dan BM). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 17(1), 7. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v17i1.4706>
- Efendy, A., & Ahyudanari, E. (2019b). Analysis of Creep Test Mixture of Asphalt Concrete Using Flyash for Runway. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), D52–D56.
- Eljawati, M. (2022). Pengaruh Variasi Perendaman Pada Campuran Aspal Panas Terhadap Nilai Karakteristik Marshall. Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Fitri, S. W. (2024). Daya Tahan Campuran Perkerasan Aspal dengan Penambahan Gondorukem (Resina Colophonium) Terhadap Variasi Perendaman Air. Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan.
- Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2015). Pedoman Teknik Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil, Pedoman Perhitungan PCN (Pavement Classification Number) Perkerasan Prasarana Bandar Udara. Kp 93 Tahun 2015.
- Rudi. (2020). Analisis Variasi Perendaman Spent Catalyst RCC (Limbah Pertamina) Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Panas AC-WC. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 3(1), 15–27. <https://doi.org/10.32662/gojise.v3i1.833>
- Santoso, G. G., Arfandy, R., Wulandari, P. S., & Patmadjaja, H. (2020). Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin dengan Variasi Gradasi Agregat Batas Atas Hingga Batas Tengah. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipi*, 9(2), 179–186.
- Sawaludin, A., As, S., & Mayuni, S. (2018). Evaluasi Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Binamarga (Studi Kasus Ruas Jalan Desa Kapur). *JeLAST : Jurnal Teknik Kelautan , PWK , Sipil, Dan Tambang*, 5(1), 1–9.
- Yunus, M., Muhlisah, N., Wicaksono, C., & Aditya, F. (2024). Kajian Nilai CBR Tanah Dasar Landasan Pacu Pesawat dengan Pengujian CBR Lapangan. *SIKLUS : Jurnal Teknik*

Sipil, 10(1), 91–101..