

Pustaka Pubisher

Pustaka+JCA_Eka+Rahma.docx

-  Check - No Repository 16
-  Indeks A
-  Australian University Kuwait

Document Details

Submission ID**trn:oid::1:3345981892****Submission Date****Sep 21, 2025, 8:51 AM GMT+4****Download Date****Sep 21, 2025, 8:53 AM GMT+4****File Name****Pustaka_JCA_Eka_Rahma.docx****File Size****6.9 MB****13 Pages****2,285 Words****14,842 Characters**

22% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 10 words)

Top Sources

- 21%  Internet sources
 - 4%  Publications
 - 5%  Submitted works (Student Papers)
-

Top Sources

- 21% Internet sources
- 4% Publications
- 5% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	eprints.itn.ac.id	13%
2	Internet	ojs.unimal.ac.id	2%
3	Internet	media.neliti.com	1%
4	Internet	docplayer.info	1%
5	Internet	opendata.malangkota.go.id	<1%
6	Publication	Adelia Dwidarma Nataadmadja, Nadhila Nurul Anjani. "The Usage of Additives on...	<1%
7	Student papers	Universitas PGRI Semarang	<1%
8	Student papers	Sriwijaya University	<1%
9	Student papers	Universitas Sebelas Maret	<1%
10	Publication	Edi Yusuf Adiman. "PENGARUH DURASI RENDAMAN AIR BANJIR TERHADAP NILAI ...	<1%
11	Internet	akuntabilitasuinjkt.wordpress.com	<1%

12	Internet	c.coek.info	<1%
13	Internet	edukasipasarmodal.wordpress.com	<1%
14	Internet	riset.unisma.ac.id	<1%

Studi Penelitian Karakteristik Marshall dan Permeabilitas pada Aspal Porus

Eka Rahma Tana

Institut Teknologi Nasional Malang

Ester Priskasari

Institut Teknologi Nasional Malang

Nenny Roostrianawaty

Institut Teknologi Nasional Malang

Alamat: Jalan Bendungan Sigura-gura No. 2, Sumbersari, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia.

Korespondensi penulis: ekarahmatana@gmail.com

Abstract. Porous asphalt is a pavement material designed with high air voids to improve drainage and reduce water ponding on road surfaces. This study aims to analyze the effect of asphalt content variations on the Marshall characteristics and permeability of porous asphalt. The asphalt contents tested were 3%, 3.5%, 4%, 4.5%, and 5%. Testing was conducted according to AAPA guidelines and the Directorate General of Bina Marga General Specifications, using the Marshall method to evaluate stability, flow, and voids, as well as permeability tests to measure water flow through the mixture. Results show that increasing asphalt content tends to improve stability and flow up to an optimum point, but decreases VIM and permeability. The Optimum Asphalt Content (OAC) was found at 4.0%, providing maximum stability while still meeting AAPA permeability criteria. Regression analysis showed a strong correlation ($R^2 > 0.90$) between asphalt content and most Marshall parameters. The decrease in permeability was explained by the reduction of interconnected air voids as asphalt content increased.

Keywords: Porous Asphalt, Marshall Characteristics, Permeability, Asphalt Content.

Abstrak. Aspal porus adalah material perkerasan jalan yang dirancang dengan rongga udara tinggi untuk meningkatkan drainase dan mengurangi risiko genangan air di permukaan jalan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi kadar aspal terhadap karakteristik Marshall dan tingkat permeabilitas aspal porus. Variasi kadar aspal yang diuji adalah 3%, 3,5%, 4%, 4,5%, dan 5%. Pengujian dilakukan berdasarkan pedoman AAPA dan Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, menggunakan metode Marshall untuk menilai stabilitas, flow, dan voids, serta uji permeabilitas untuk mengukur kemampuan aliran air melalui campuran. Hasil menunjukkan bahwa

Received Desember 30, 2022; Revised April 30, 2023; Accepted Agustus 30, 2023

*Corresponding author, ekarahmatana@gmail.com

Studi Penelitian Karakteristik Marshall dan Permeabilitas pada Aspal Porus

peningkatan kadar aspal cenderung meningkatkan stabilitas dan flow hingga titik optimum, namun menurunkan nilai VIM dan permeabilitas. Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh pada 4,0% dengan stabilitas maksimum dan memenuhi kriteria permeabilitas AAPA. Analisis regresi menunjukkan korelasi kuat ($R^2 > 0,90$) antara kadar aspal dan sebagian besar parameter Marshall. Penurunan permeabilitas dijelaskan oleh berkurangnya rongga udara terbuka ketika kadar aspal meningkat

Kata kunci: Aspal Porus, Karakteristik Marshall, Permeabilitas, Kadar Aspal

LATAR BELAKANG

Permukaan jalan yang tidak memiliki sistem drainase memadai berpotensi mengalami genangan air, meningkatkan risiko kecelakaan dan mempercepat kerusakan perkerasan. Data Kementerian PUPR menunjukkan genangan air dapat meningkatkan risiko kecelakaan hingga 15% per tahun, terutama di daerah dengan drainase kurang optimal. Aspal porus merupakan salah satu solusi perkerasan yang dirancang dengan rongga udara tinggi untuk memungkinkan air mengalir melalui lapisan perkerasan dan mengurangi risiko aquaplaning.

Penelitian ini fokus pada pengaruh variasi kadar aspal terhadap karakteristik Marshall dan permeabilitas, yang diharapkan dapat menghasilkan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang seimbang antara stabilitas mekanis dan kemampuan drainase. Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi, Institut Teknologi Nasional Malang, yang dilengkapi dengan fasilitas untuk pengujian karakteristik Marshall dan Permeabilitas aspal porus dengan variasi campuran aspal dan agregat yang berbeda.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi dan Laboratorium Transportasi ITN Malang, Kampus 1 Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Malang, yang memiliki fasilitas untuk pengujian karakteristik Marshall dan Permeabilitas Aspal Porus dengan standar pengujian yang mengacu pada pedoman AAPA (Australian Asphalt Pavement Association) dan Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.

Metode Penelitian

Tahap awal penelitian dilakukan pengambilan data dan bahan aspal serta mutu agregat yang diperiksa untuk percobaan campuran. Selanjutnya dilakukan pencampuran dengan berbagai kadar agregat.

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif yaitu berdasarkan pengalaman empiris dengan mengumpulkan data dalam bentuk angka yang dapat dihitung dan bersifat numerik. Dalam penelitian kuantitatif, cara pengumpulan dan analisis data serta hasilnya ditampilkan dalam bentuk angka. Oleh karena itu, data yang digunakan adalah data kuantitatif yang dapat dianalisis dan diinterpretasikan untuk mengambil keputusan dan kesimpulan. Spesifikasi yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti standar yang ditetapkan oleh Spesifikasi Umum 2018 untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan.

Benda Uji

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

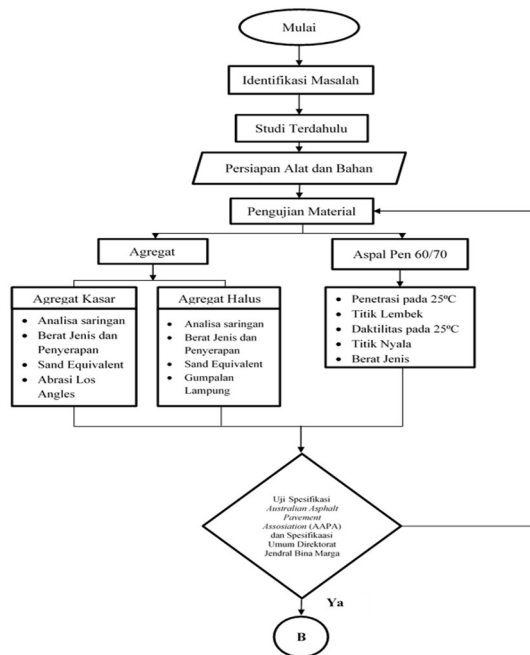
1. Menyiapkan agregat, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu antara 105°C hingga 110°C. Setelah itu menyaring dan melakukan uji sifat agregat (impact, abrasi Los Angeles, berat isi, berat jenis, angularitas, flakiness).
2. Menimbang agregat sesuai persentase campuran, membuat 3 benda uji untuk setiap variasi kadar aspal.
3. Memanaskan agregat hingga 155°C dan aspal hingga $\pm 145^{\circ}\text{C}$.
4. Mencampur agregat panas dengan aspal pada suhu $\pm 155^{\circ}\text{C}$ hingga merata.
5. Memasukkan campuran ke dalam mold berlapis kertas saringan ber-grease dalam 3 lapisan, tiap lapis dipadatkan dengan menusuk spatula (15 kali pinggir, 10 kali tengah).
6. Menutup bagian atas dengan kertas saringan ber-grease.
7. Memadatkan dengan Marshall manual compactor, 50 tumbukan tiap sisi (atas dan bawah).
8. Mendinginkan ± 15 menit, mengeluarkan benda uji dari mold, memberi kode.
9. Membersihkan benda uji dan mendiamkan 24 jam.
10. Melakukan uji Permeabilitas dan Marshall.

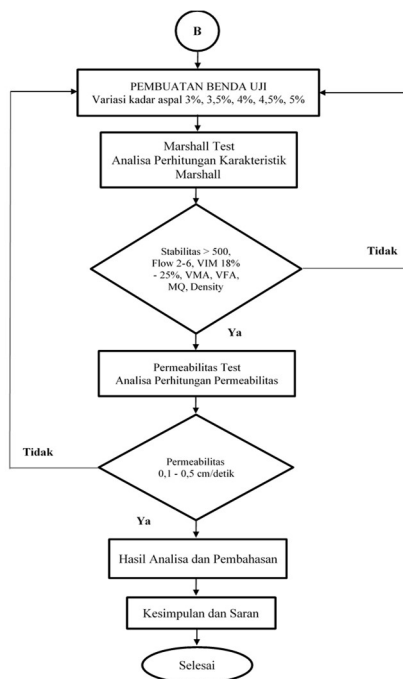
Studi Penelitian Karakteristik Marshall dan Permeabilitas pada Aspal Porus

Sebelum pelaksanaan pengujian Marshall, benda uji perlu melalui tahap perendaman dalam air bersuhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ untuk memastikan kondisi termal yang seragam. Pada penelitian ini, proses perendaman dilakukan selama 30 menit guna menyiapkan benda uji agar sesuai dengan prosedur pengujian yang berlaku.

Tabel 3. Rencana Campuran Benda Uji

Pengujian	Variasi kadar aspal (%)					Jumlah sampel
	3%	3,5%	4%	4,5%	5%	
Uji Marshall	3	3	3	3	3	15
Uji Permeabilitas	3	3	3	3	3	15





HASIL DAN PEMBAHASAN

1 Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan terdiri dari agregat kasar dan halus standar serta aspal minyak penetrasi 60/70. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui distribusi ukuran partikel pada agregat halus, agregat kasar, dan campurannya melalui metode penyaringan. Pengujian analisis saringan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi dan Laboratorium Transportasi ITN Malang yang terletak di Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2, Malang.

Pengujian Agregat

1 Pengujian agregat bertujuan memastikan bahwa material yang digunakan dalam campuran aspal memenuhi persyaratan teknis serta memiliki karakteristik fisik dan mekanis yang sesuai untuk konstruksi perkerasan jalan. Sebagai komponen utama campuran aspal, mutu agregat sangat memengaruhi kekuatan, durabilitas, dan stabilitas lapisan perkerasan. Melalui uji ketahanan seperti impact dan abrasi Los Angeles, dapat dinilai kemampuan agregat menahan beban lalu lintas, benturan, dan gesekan. Sementara itu, pengujian berat isi, berat jenis, dan penyerapan air memberikan informasi mengenai sifat fisik agregat yang berpengaruh pada perhitungan komposisi campuran dan ketahanannya terhadap kondisi cuaca. Selain itu, pengujian angularitas dan flakiness index digunakan untuk menilai bentuk serta tekstur agregat, yang berdampak pada

Studi Penelitian Karakteristik Marshall dan Permeabilitas pada Aspal Porus

gesekan internal, daya ikat dengan aspal, dan stabilitas campuran. Dengan demikian, pengujian menyeluruh terhadap agregat memastikan kesesuaiannya dengan spesifikasi standar guna mencapai kinerja perkerasan yang optimal. Agregat yang digunakan berasal dari AMP PT. Sriwijaya 87 di Kabupaten Malang. Acuan pengujian agregat yaitu Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

Tabel 4. Hasil Pengujian Material Agregat

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
AGREGAT HALUS						
1	Berat Jenis Agregat 0-5	SNI 1970 : 2016	$\geq 2,50$	2,58	-	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat 0-5		≤ 3	2,95	%	Memenuhi
3	Gum. Lempung & Butir Mudah Pecah	SNI 4141 : 2015	≤ 1	0,74	%	Memenuhi
4	Material lolos ayakan No. 200 (0 - 5)	SNI ASTM C117 : 2012	≤ 10	9,84	%	Memenuhi
5	Nilai Setara Pasir	SNI 03 - 4428 - 1997	≥ 50	50,38	%	Memenuhi
6	Berat Jenis Semen	SNI 2531 : 2015	-	3,06	-	-
AGREGAT KASAR						
7	Berat Jenis Ag. 5-10	SNI 1969 : 2016	$\geq 2,50$	2,64	-	Memenuhi
8	Berat Jenis Ag. 10-10			2,67	-	Memenuhi
11	Penyerapan Ag. 5-10	SNI 1969 : 2016	≤ 3	2,45	%	Memenuhi
12	Penyerapan Ag. 10-10			1,78	%	Memenuhi
15	Material lolos ayakan No. 200 (5 - 10)	ASTM C117 : 2012	≤ 1	0,94	%	Memenuhi
16	Material lolos ayakan No. 200 (10 - 10)			0,82	%	Memenuhi
19	Abrasi 100 Putaran	SNI 2417 : 2008	≤ 8	3,64	%	Memenuhi
20	Abrasi 500 Putaran		≤ 40	15,98	%	Memenuhi

Sumber: Hasil Penelitian

Pengujian Aspal

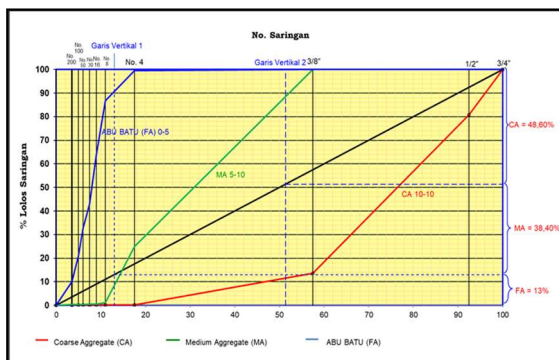
Pengujian aspal dilakukan untuk memastikan bahwa bahan pengikat dalam campuran perkerasan memenuhi persyaratan teknis serta memiliki sifat fisik dan mekanis yang sesuai dengan standar konstruksi jalan. Sebagai komponen yang merekatkan butiran agregat, mutu aspal berpengaruh langsung terhadap stabilitas, fleksibilitas, dan durabilitas campuran. Melalui serangkaian uji, antara lain penetrasi, titik lembek (softening point), daktilitas, berat jenis, titik nyala, dan kehilangan berat akibat pemanasan, dapat diperoleh informasi mengenai tingkat kekerasan, ketahanan terhadap variasi suhu, elastisitas, kerapatan, keamanan pemanasan, serta ketahanan terhadap penuaan. Hasil pengujian tersebut memastikan bahwa aspal yang digunakan memiliki daya ikat optimal, tahan terhadap beban lalu lintas dan kondisi cuaca, serta sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan guna menjamin kinerja perkerasan jalan secara optimal. Aspal yang digunakan berasal dari AMP PT. Sriwijaya 87 di Kabupaten Malang. Acuan pengujian aspal yaitu Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

Tabel 5. Hasil Rekapitulasi Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
1	Penetrasi Pada 25°C	SNI 2456 : 2011	60-70	67,33	10 ⁻¹ mm	Memenuhi
2	Berat Jenis Aspal	SNI 2441 : 2011	≥ 1,0	1,04	-	Memenuhi
3	Daktilitas Pada 25°C	SNI 2432 : 2011	≥ 100	140,0	cm	Memenuhi
4	Titik Nyala	SNI 2433 : 2011	≥ 230	325	°C	Memenuhi
5	Titik Bakar		-	330	°C	-
6	Titik Lembek Aspal	SNI 2434 : 2011	≥ 48	49,0	°C	Memenuhi
Pengujian Residu Hasil TFOT/RTFOT						
7	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991	≤ 0,8	0,187	%	Memenuhi
8	Penetrasi Pada 25°C (% Semula)	SNI 2456 : 2011	≥ 54	85,81	%	Memenuhi
9	Daktilitas Pada 25°C	SNI 2432 : 2011	≥ 50	140	cm	Memenuhi

Perencanaan Komposisi Campuran

Setelah dilakukan uji analisis gradasi untuk menentukan berat serta persentase agregat yang melewati setiap saringan, langkah berikutnya adalah menghitung proporsi agregat dalam campuran. Perhitungan ini dilakukan menggunakan pendekatan analitis, sebagaimana ditampilkan dalam grafik dan tabel komposisi campuran agregat dibawah ini:



Gambar 1. Grafik Diagonal Komposisi Campuran Agregat Normal Aspal Porus
Sumber : Hasil Penelitian

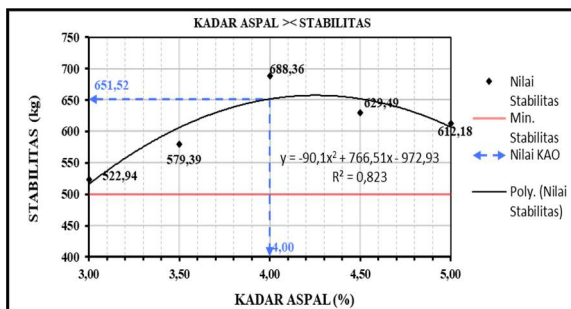
Tabel 6. Gradasi Agregat Gabungan Aspal Porus

Ukuran Saringan	10/10	5/10	0/5	Filler	10/10	5/10	0/5	Filler	Hasil Gabungan	Spes	Fak. Luas	Luas Perm.
3/4" (19mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	47,87	37,82	12,81	1,50	100,00	100,00	0,41	0,41
1/2" (12,5mm)	80,78	100,00	100,00	100,00	38,67	37,82	12,81	1,50	90,80	85-100		
3/8" (9,5mm)	13,64	100,00	100,00	100,00	6,53	37,82	12,81	1,50	58,66	45-70		
No 4 (4,75mm)	0,16	24,89	99,56	100,00	0,08	9,41	12,75	1,50	23,74	10-25		
No 8 (2,36mm)	0,15	1,07	86,83	100,00	0,07	0,40	11,12	1,50	13,09	7-15	0,82	0,11
No 16 (1,18mm)	0,14	0,44	63,88	100,00	0,07	0,17	8,18	1,50	9,92	6-12	1,64	0,16
No 30 (0,6mm)	0,14	0,42	42,83	100,00	0,07	0,16	5,50	1,50	7,22	5-10	2,87	0,21
No 50 (0,28mm)	0,13	0,40	32,65	100,00	0,06	0,15	4,18	1,50	5,89	4-8	5,14	0,36
No 100 (0,15mm)	0,11	0,37	20,92	100,00	0,06	0,14	2,68	1,50	4,37	3-7	12,29	0,54
No 200 (0,075mm)	0,06	0,26	9,98	100,00	0,03	0,10	1,29	1,50	2,90	2-5	32,77	0,95
Jumlah Luas Permukaan Agregat (m ² /kg)												2,74

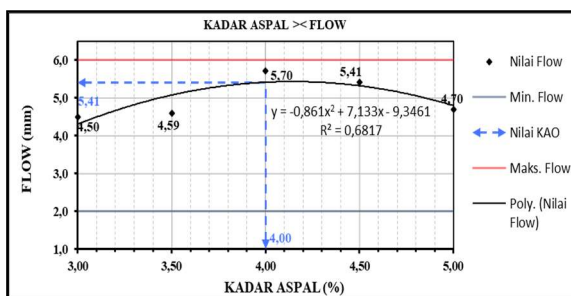
Sumber : Hasil Penelitian

*Studi Penelitian Karakteristik Marshall dan Permeabilitas pada Aspal Porus***Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran Aspal Porus**

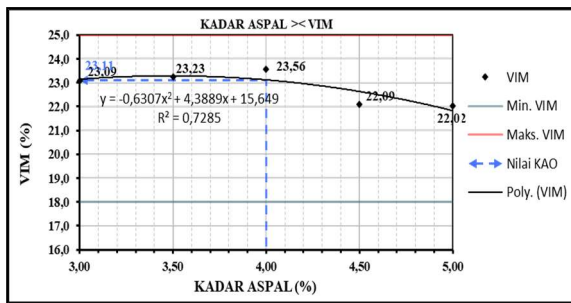
Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran Aspal Porus dilakukan dengan menetapkan nilai tengah dari setiap parameter Marshall, yaitu stabilitas, flow, Marshall Quotient (MQ), Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), dan Void Filled with Asphalt (VFA). Seluruh parameter diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium, kemudian setiap nilainya digambarkan dalam bentuk grafik terhadap variasi kadar aspal. Berdasarkan grafik-grafik tersebut, ditentukan Kadar Aspal Optimum untuk masing-masing parameter, yaitu pada titik yang paling mendekati kondisi ideal. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) akhir dihitung dengan mengambil rata-rata dari nilai optimum seluruh parameter, sehingga diperoleh kadar aspal yang tidak hanya memenuhi kriteria teknis, tetapi juga mampu memberikan keseimbangan antara kekuatan, ketahanan, dan tingkat porositas dari campuran aspal porus. Hasil dari pengujian Marshall pada sampel aspal porus dapat dilihat pada grafik berikut ini:



Gambar 2. Grafik Pengaruh Penambahan Kadar Aspal terhadap Stabilitas
Sumber : Hasil Penelitian

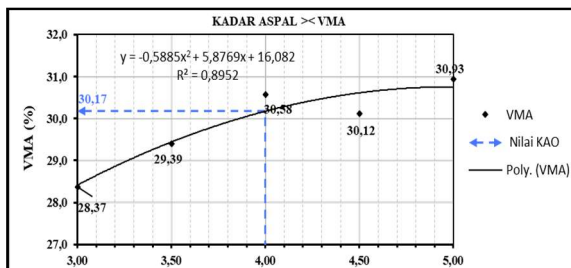


Gambar 3. Grafik Pengaruh Penambahan Kadar Aspal terhadap Flow
Sumber : Hasil Penelitian



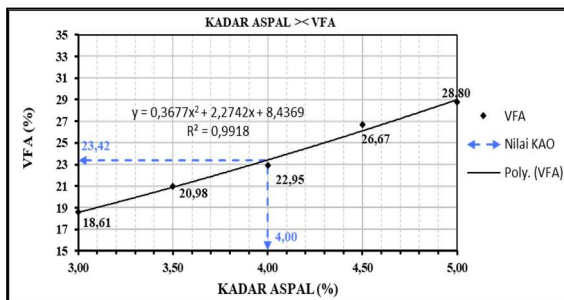
Gambar 4. Grafik Pengaruh Penambahan Kadar Aspal terhadap VIM

Sumber : Hasil Penelitian



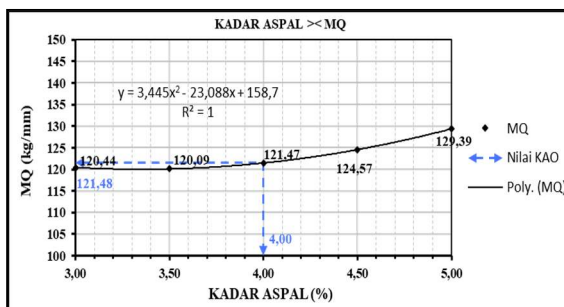
Gambar 5. Grafik Pengaruh Penambahan Kadar Aspal terhadap VMA

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 6. Grafik Pengaruh Penambahan Kadar Aspal terhadap VFA

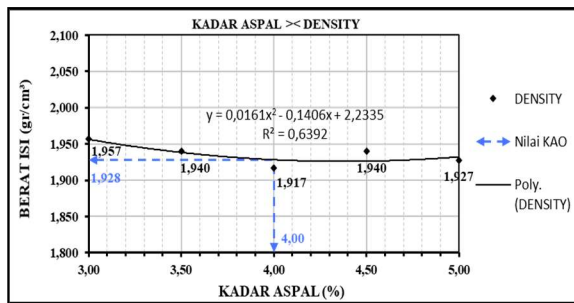
Sumber : Hasil Penelitian



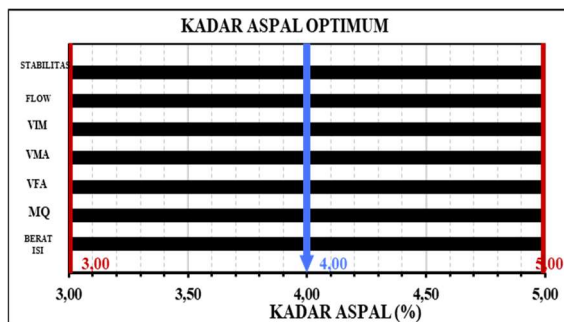
Gambar 7. Grafik Pengaruh Penambahan Kadar Aspal terhadap MQ

Sumber : Hasil Penelitian

Studi Penelitian Karakteristik Marshall dan Permeabilitas pada Aspal Porus



Gambar 8. Grafik Pengaruh Penambahan Kadar Aspal terhadap Density
Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 9. Grafik Diagram Batang Kadar Aspal Optimum Aspal Porus
Sumber : Hasil Penelitian

Untuk menentukan Kadar Aspal Optimum, dapat dilihat pada gambar 2, grafik diagram batang Kadar Aspal Optimum aspal porus yang dibagi menjadi dua bagian, yaitu sisi kiri dan sisi kanan dari titik potong Kadar Aspal Optimum. Sisi kiri mewakili batas maksimum, sedangkan sisi kanan menunjukkan batas minimum. Oleh karena itu, perhitungan Kadar Aspal Optimum dapat dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{a + b}{2} = \frac{\text{sisi kiri} + \text{sisi kanan}}{2}$$

$$= \frac{3 + 5}{2}$$

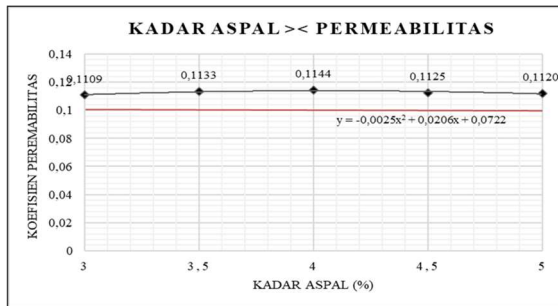
$$= 4 \%$$

Sehingga didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 4%.

Pengujian Permeabilitas Pada Variasi Kadar Aspal

Pengujian terhadap parameter permeabilitas bertujuan untuk mengetahui seberapa baik campuran aspal porus mampu menyerap dan mengalirkan air. Permeabilitas sendiri merupakan karakteristik dari material berpori yang memungkinkan cairan melewati atau mengalir melalui pori-pori di dalamnya. Acuan pengujian permeabilitas yaitu *Australian*

Asphalt Pavement Association (AAPA), 2004. Hasil pengujian permeabilitas dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 10. Grafik Pengaruh Penambahan Kadar Aspal terhadap Permeabilitas
Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 1. Pengujian Permeabilitas

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai karakteristik Marshall dan Permeabilitas pada campuran aspal porus dengan variasi kadar aspal, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Variasi kadar aspal (3%, 3,5%, 4%, 4,5%, dan 5%) berpengaruh terhadap beberapa karakteristik Marshall. Berdasarkan hasil uji ANOVA, parameter Stabilitas, VIM, VMA, VFA, dan Density menunjukkan nilai P-value < 0,05, yang berarti kadar aspal berpengaruh secara signifikan terhadap keempat parameter tersebut. Sebaliknya, parameter flow, dan Marshall Quotient (MQ) menunjukkan nilai P-value > 0,05, sehingga tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi kadar aspal terhadap ketiga parameter tersebut. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perubahan kadar aspal tidak selalu

Studi Penelitian Karakteristik Marshall dan Permeabilitas pada Aspal Porus

memengaruhi seluruh karakteristik Marshall secara merata, namun mempengaruhi secara kuat pada parameter-parameter yang berkaitan dengan volume rongga dan kepadatan campuran.

2. Variasi kadar aspal tidak berpengaruh signifikan secara statistik terhadap nilai permeabilitas, ditunjukkan oleh nilai P-value sebesar $0,719 > 0,05$. Meskipun secara visual terlihat adanya penurunan permeabilitas seiring peningkatan kadar aspal, tren tersebut tidak cukup kuat untuk disimpulkan sebagai pengaruh nyata. Namun demikian, seluruh nilai permeabilitas pada rentang kadar aspal 3%–5% masih berada dalam ambang standar AAPA (0,1–0,5 cm/detik), sehingga tetap memenuhi syarat teknis sebagai campuran aspal porus.

3. Kadar Aspal Optimum (KAO) ditetapkan pada 4,0%, karena pada kadar ini diperoleh hasil karakteristik Marshall dan Permeabilitas yang paling mendekati kriteria teknis yang ditetapkan. Campuran pada kadar ini memiliki stabilitas > 500 kg, flow antara 2 - 6 mm, VIM dalam rentang 18%–25%, serta nilai Permeabilitas minimum sebesar 0,1 cm/detik, sesuai standar AAPA.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2018). Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Direktorat Jendral Bina Marga, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- , M. S., Rahma, P. D., Primasworo, R. A., & Maliq, T. M. (2023). Karakteristik Aspal Porus Dengan Bahan Tambahan Agregat Yang Menggunakan Limbah Plastik (Low Density Polyethylene) LDPE. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), 85–94. <https://doi.org/10.33369/ijts.15.2.85-94>
- Akhtar, M. N., Al-Shamrani, A. M., Jameel, M., Khan, N. A., Ibrahim, Z., & Akhtar, J. N. (2021). Stability and permeability characteristics of porous asphalt pavement: An experimental case study. *Case Studies in Construction Materials*, 15(November 2020), 0–7. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00591>
- Anonim. (2018). Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Direktorat Jendral Bina Marga, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Anonim. (2004). Open Graded Asphalt Design Guide. Australian Asphalt Pavement Association (AAPA). Bria, O. K., Saputro, I. T., Samaila, M. A., & Mangi, J. (2018). Kinerja Campuran Aspal Dwi Setiawan, E., Nur Rahmawati, A., & Soegyarto. (2022). Penentuan Karakteristik Aspal Porus Menggunakan Agregat Kasar Batu Pecah Parengan Tuban Dengan Metode Uji Marshall. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 34–46. <https://doi.org/10.56071/deteksi.v7i2.392>
- Isma, L., Mulizar, M., & Aiyub, A. (2021). Karakteristik Marshall Campuran Aspal Menggunakan

Aditif (Polyethylene Terephthalate). *Jurnal Sipil Sains Terapan*, 1(2004), 657–666. <http://e-jurnal.pnl.ac.id/JSST/article/view/2383%0Ahttps://e-jurnal.pnl.ac.id/JSST/article/download/2383/2020>

Marshall, K., Aspal, P., Dewi, S. H., Mildawati, R., & Nurhakim, A. (2021). Perbandingan Dua Jenis Agregat Daerah Yang Berbeda Terhadap. 01.

Munandar, A., Salim, A., Semen, K., & Marshall, K. (2023). Karakteristik campuran aspal porus dengan penggunaan variasi kadar semen sebagai filler. 13(November).

Sembung, N. T., Sendow, T. K., Palenewen, S., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., & Manado, R. (2020). Analisa Campuran Aspal Porus Menggunakan Material Dari Kakaskasen Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon. *Jurnal Sipil Statik*, 8(3), 345–352.

Sulaiman, S., Gani, F. A., Miswar, K., Gusrizal, G., & Maulana, A. (2023). Studi Karakteristik Marshall pada Aspal Porous dengan Penambahan Abu Cangkang Kopi sebagai Filler. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), 121. <https://doi.org/10.30811/portal.v15i2.4944>

Porus Berbagai Gradasi pada Aspal Penetrasi 60/70. *Jurnal Karkasa*, 4(2), 93–101.