

PEMANFAATAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF LATEKS DITINJAU DARI ASPEK *MARSHALL PROPERTIES, DURABILITAS, KETIDAKRATAAN*

Lailaturrahmi^{1*}, Agus Riyanto²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura, Jawa Tengah, Indonesia 57102
*Email: ar242@ums.ac.id, lailaturrahmi9199@gmail.com

Abstrak

Aspal porus merupakan campuran bergradasi terbuka yang memiliki presentase agregat kasar kurang dari 85% dari volume campuran, sehingga menyediakan pori atau rongga udara. Adanya rongga didalam campuran mengakibatkan nilai stabilitas aspal porus lebih rendah dibandingkan aspal konvensional. Guna untuk meningkatkan nilai stabilitas aspal porus perlunya modifikasi aspal, salah satunya dengan penambahan lateks. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan lateks terhadap nilai *Marshall Properties*, durabilitas dan ketidakrataan. Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data aspal, data agregat dan data primer berupa data gradasi agregat sekaligus data aspal dengan penambahan lateks, kemudian dilanjutkan menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% dengan masing-masing 3 sampel benda uji. Setelah itu dilanjutkan dengan membuat benda uji dengan penambahan kadar lateks 1%, 3% dan 5% masing – masing 3 sampel untuk dilakukan pengujian *Marshall Properties* dan volumetriknya dan didapat nilai Kadar Lateks Optimum (KLO). Setelah KLO didapatkan, maka dilanjutkan untuk pengujian durabilitas dan ketidakrataan. Berdasarkan hasil penelitian aspal porus dengan penambahan kadar lateks menunjukkan dapat meningkatkan nilai *Marshall Properties*, durabilitas dan ketidakrataan. Pada kadar lateks 3% didapatkan nilai Stabilitas 1295,869 kg, Flow 3,810 mm, *VFWA* 28,778%, *VIM* 23,861%, *VMA* 33,291%, *MQ* 334,012 kg/mm. Selain itu nilai Kekuatan Sisa (IKS) kondisi KLO sebesar 91% maka dinyatakan campuran bersifat awet (*durable*) sedangkan nilai ketidakrataan sebesar 1,326 m/km dinyatakan sangat baik.

Kata kunci: Aspal Porus, Lateks, *Marshall Properties*, Durabilitas, Ketidakrataan

Abstract

*Porous asphalt is an open graded mixture that has a coarse aggregate percentage less than of 85% of the volume of the mixture, thus providing pores or air voids. The presence of cavities in the mixture results in the stability value of porous asphalt being lower than conventional asphalt. In order to increase the stability value of porous asphalt, it is necessary to modify asphalt, one of which is by adding latex. The purpose of this research is to find out how the effect of the addition of latex on the value of Marshall Properties, durability and unevenness. This study uses secondary data in the form of asphalt data, aggregate data and primary data in the form of aggregate gradation data as well as asphalt data with the addition of latex, then determine the Optimum Asphalt Content (KAO) with asphalt content of 5 %, 5,5%, 6% and 6,5% with each of the 3 samples of the test object. After that it was continued by making test objects with the addition of latex content of 1%, 3% and 5% with each of the 3 samples for Marshall Properties and volumetric tests and obtained the Optimum Latex Content (KLO) value. After the KLO is obtained, it is continued for durability and unevenness testing. Based on the research of testing porous asphalt with the addition of latex show that it can increase Marshall Properties, durability and unevenness. The results of porous asphalt with the addition of 3% latex content, the Stability value was 1295,869 kg, Flow 3,810 mm, *VFWA* 28,778%, *VIM* 23,861%, *VMA* 33,291%, *MQ* 334,012 kg/mm. In addition, the KLO condition Residual Strength (IKS) value of 91% means that the mixture is durable, while the unevenness value of 1,326 m/km is stated to be very good.*

Keywords: Porus Asphalt, Lateks, *Marshall Properties*, Durability, Unevenness

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara berkembang, sektor transportasi sangat mempengaruhi lajunya pembangunan dan perkembangan suatu wilayah. Jalan merupakan lintasan utama transportasi sebagai penggerak distribusi barang dan jasa sekaligus mobilitas penduduk. Maka dari itu sangat diperlukan perencanaan struktur perkerasan yang kuat, tahan lama dan mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap deformasi yang terjadi (Chairuddin dkk, 2013).

Seiring ketersediaan jalan yang memudahkan masyarakat untuk mengakses transportasi, tentunya juga berdampak pada statistik pengguna jalan yang semakin tinggi. Peningkatan jumlah pengguna jalan, mengakibatkan tidak hanya kemacetan bahkan kekuatan dari konstruksi jalan itu sendiri. Ditambah lagi Indonesia Negara iklim tropis yang memiliki curah hujan yang tinggi sehingga menjadi salah satu penyebab terjadinya kerusakan lapisan perkerasan. Intensitas hujan yang tinggi seringkali menimbulkan aliran permukaan yang dapat menyebabkan genangan air, didukung dengan karakter *flexible pavement* yang kedap air dan sistem drainase yang tidak berfungsi dengan baik, sehingga mengurangi resapan air dan mempercepat kerusakan jalan (Ghulam dkk, 2017). Genangan air mengakibatkan longgarnya ikatan antar agregat dengan aspal, air akan meresap masuk kedalam perkerasan jalan hingga saat kendaraan yang lewat memberikan beban dapat menimbulkan retakan (*cracking*) dan kerusakan lainnya. Selain itu genangan air juga dapat membahayakan pengguna jalan karena permukaan jalan akan lebih licin sehingga kendaraan dapat hilang kendali karena suatu lapis tipis air antar roda (*aquaplaning*) (Sulistiystno dkk, 2012).

Aspal porus merupakan alternatif baru *flexible pavement* untuk mengatasi genangan air yang memiliki pori – pori yang lebih besar sehingga dapat berfungsi sebagai drainase untuk mengalirkan air dari permukaan atas sampai lapisan batas bawah perkerasan (Ramadhan dkk, 2014). Selain itu, aspal porus memiliki keuntungan bagi pengguna jalan karena memiliki kekesatan (*skid resistance*) yang dapat mereduksi gesekan antar roda dengan lapisan permukaan aspal sekaligus dapat meredam kebisingan (*noise reduction*) (Ayun dkk, 2021). Rongga yang lebih banyak didalam campuran aspal porus

mengakibatkan menurunnya kemampuan bahan pengikat untuk mempertahankan posisi agregat, sehingga nilai stabilitas menjadi rendah. Maka dari itu, diperlukan bahan modifikasi untuk meningkatkan kinerja campuran (Chandra dkk, 2021). Salah satu bahan aditif pengikat yang memiliki sifat keras, elastis, pelekatan yang baik dan tahan lama yaitu lateks (Aminsyah dkk, 2019).

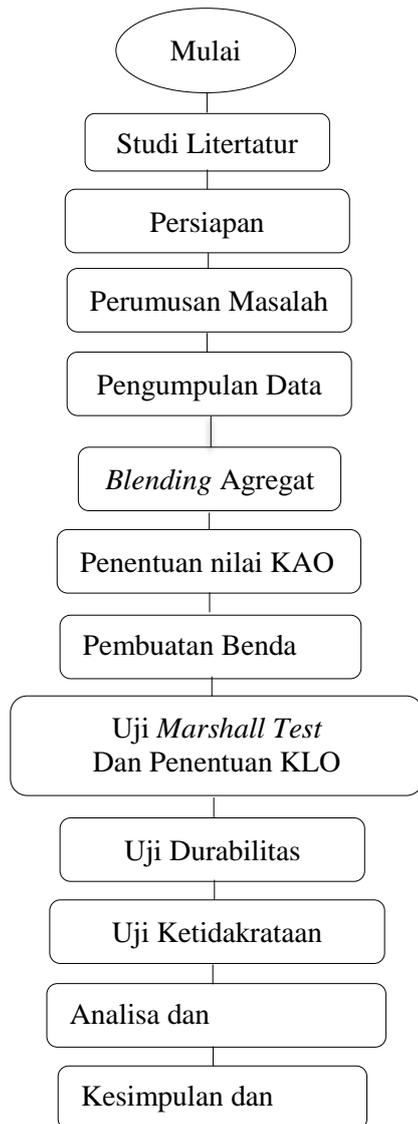
Dilansir dari <https://databoks.katadata.co.id> ketersediaan lateks berkisar 916,56 ton pada tahun 2023 dan diperkirakan produksi karet alam akan terus meningkat setiap tahunnya, sehingga perlu adanya pemanfaatan karet alam menimbang produksi yang sangat banyak agar tidak menjadi limbah industri.

Maka dari itu perlu dilakukan penelitian pengaruh penambahan lateks (getah karet) terhadap campuran aspal porus terhadap aspek nilai *Marshall Properties*, durabilitas dan ketidakrataan. Dengan variasi penambahan lateks 1%, 3% dan 5%. Penambahan aditif dimaksudkan agar dapat meningkatkan kinerja aspal terhadap nilai *Marshall Properties*, durabilitas, ketidakrataan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, dengan basis untuk bereksperimen. Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini maka dilakukan tahap pelaksanaan dengan studi literatur, perumusan masalah, persiapan, pengumpulan data, *blending* agregat, penentuan KAO (Kadar Aspal Optimum), pembuatan benda uji, pengujian *Marshall Properties* sekaligus penentuan KLO (Kadar Lateks Optimum), pengujian ketidakrataan, pengujian durabilitas.

Agar lebih jelas dapat dilihat pada bagan sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Alir

Pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi data sekunder yang didapat dari pemeriksaan PT AMP Selo Progo yang sudah sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018 dan data primer yang didapatkan dari hasil pemeriksaan dan penentuan gradasi yang dilakukan oleh peneliti yang disesuaikan dengan Spesifikasi Bina Marga 2018 dan ketentuan campuran aspal porus AAPA 2004 (*Australian Asphalt Pavement Association*) yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2

Tabel 1
Gradasi Agregat Australia Campuran Aspal Porus (AAPA, 2004)

(mm)	Ayakan Ø	Spesifikasi Lolos (%)	
		BB	BA
19	No. 1	100	100
13,2	3/4	100	100
9,5	3/8	85	100
6,7	1/4	35	70
4,75	No .4	20	45
2,36	No 8	10	20
1,18	No 16	6	14
0,6	No.30	5	10
0,3	No. 50	4	8
0,15	No.100	3	7
0,075	No.200	2	5
Pan	Pan	0	0

Tabel 2
Ketentuan Campuran Aspal Porus (AAPA, 2004)

No	Keterangan	Persyaratan/ Spesifikasi
1	Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 500
2	<i>Flow</i> (mm)	2 – 6
3	<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Maks. 400
4	<i>Void In Mix (VIM)</i> (%)	18 – 25
5	Jumlah tumbukan perbidang	50

Marshall Properties merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan kinerja campuran. *Marshall Properties* meliputi nilai stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA*, *VFWA*, dan *MQ*. Penentuan nilai stabilitas dan *flow* menggunakan alat *Marshall test*. Dan penentuan nilai *VIM*, *VMA*, *VFWA*, dan *MQ* dengan pengujian volumetrik. Nilai stabilitas dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S = q \times c \times k \times 0,4536 \quad (1)$$

dengan :

- S : Nilai stabilitas terkoreksi (kg)
q : Pembacaan stabilitas pada dial alat *Marshall* (lbs)
k : Faktor kalibrasi alat
c : Angka koreksi ketebalan
0,4536 : Konversi beban dari lbs ke kg

Nilai *flow* didapatkan dari dial alat *Marshall test* yang akan menunjukkan pelelehan pada aspal atau sifat plastis. Perbandingan antara stabilitas dengan *flow* yang *Marshall Quotient* digunakan sebagai parameter untuk mengetahui kekakuan suatu campuran. Nilai *Marshall Quotient* dihitung dengan rumus berikut:

$$MQ = S/F \quad (2)$$

dengan:

- MQ : Marshall Quotient (kg/mm)
S : Nilai stabilitas terkoreksi (kg)
F : Nilai *flow* (mm)

Voids in Mix (VIM) adalah persen rongga udara dalam campuran, dengan rumus sebagai berikut:

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \quad (3)$$

dengan:

- G_{mm} : Berat jenis campuran maksimum setelah pemadatan (gr/cc)
 G_{mb} : Berat jenis bulk campuran setelah pemadatan (gr/cc)

Voids in Mineral Agregat (VMA) adalah persen rongga diantara mineral, dengan rumus sebagai berikut:

$$VMA = 100 - \frac{G_{sb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 + P_{mb}} \times 100 \quad (4)$$

dengan:

- G_{mb} : Berat jenis bulk campuran setelah pemadatan (gr/cc)
 G_{sb} : Berat jenis bulk agregat (gr/cc)
 P_{mb} : Kadar aspal, persen total campuran (%)

Voids Filled With Aspal (VFWA) adalah persen rongga terisi aspal, dengan rumus sebagai berikut:

$$VFWA = 100 - \frac{VMA - VIM}{VMA} \quad (5)$$

dengan:

- VIM : Persen rongga udara dalam campuran (%)
VMA : Persen rongga udara pada mineral agregat (%)

Sand Patch Method merupakan metode yang mengukur kedalaman rata - rata suatu permukaan pasir dengan gradasi seragam. Hasil pengukuran dengan *Sand Patch Method* ini dinamakan *MTD (Mean Texture Depth)* dengan satuan mm. Rumus *Mean Texture Depth* sebagai berikut:

$$MTD = \frac{4 \times V \times 1000}{\pi \times D^2} \quad (6)$$

dengan:

MTD : *Mean Texture Depth* (mm)

V : Volume pasir (cm³)

D : Diameter *sand patch*

Untuk ekivalen ke nilai *IRI*, hasil *MTD* dikali dengan 1 km dibagi dengan diameter *Sand patch*. Indikator kualitas jalan dapat dilihat berdasarkan Tabel 3.

Tabel 3
Indikator Kualitas Jalan (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2005)

Nilai <i>IRI</i> (m/km)	Kondisi	Kebutuhan penanganan
$IRI \leq 4$	Baik	Pemeliharaan rutin
$4 < IRI \leq 7$	Sedang	Pemeliharaan berkala
$7 < IRI \leq 12$	Rusak Ringan	Peningkatan jalan
$IRI > 12$	Rusak berat	Peningkatan jalan

Penentuan nilai durabilitas, menggunakan metode standar yang mengacu pada aturan SNI 06-2489-1991 dengan cara perendaman uji selama 30 menit dan 24 jam dengan suhu 60°C. Setelah itu akan mendapat nilai yang dinyatakan dengan nilai IKS yang dapat di hitung dengan persamaan:

$$IKS = \frac{S_1}{S_2} \times 100 \quad (7)$$

dengan:

- IKS : Indeks Kekuatan Sisa (%)
S1 : Stabilitas *Marshall* setelah perendaman 30 menit pada suhu 60 ± 1 °C
S2 : Stabilitas *Marshall* setelah perendaman 24 jam pada suhu 60 ± 1 °C

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Rekayasa *Blending*

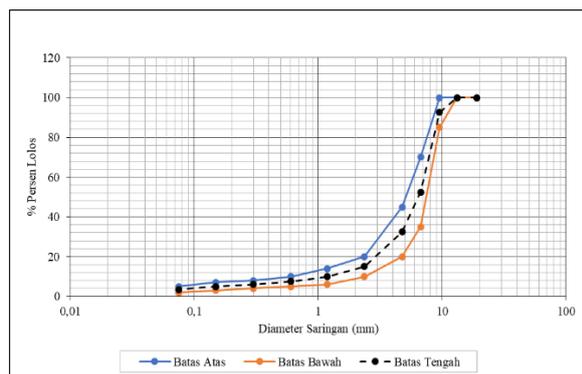
Rekayasa *blending* menghasilkan agregat kasar (CA), agregat medium (MA) dan agregat halus (FA). Agregat yang digunakan merupakan agregat *fresh aggregate* (agregat baru). Hasil pemeriksaan data sekunder maupun data primer pada penelitian ini telah memenuhi spesifikasi yang direncanakan, sehingga material sudah dapat digunakan. Penentuan presentase jumlah

agregat menggunakan batas tengah dengan spesifikasi gradasi Australia. Penggunaan metode batas tengah pada penelitian ini sebagai acuan proporsi masing- masing fraksi dengan tujuan agar campuran agregat tidak melebihi spesifikasi yang telah di tetapkan sekaligus kinerja menentukan gradasi agregat lebih efisien dan hemat waktu. Hasil Rekayasa Blending dapat dilihat paada Tabel 4.

Tabel 4
Hasil Rekayasa Blending dan Kebutuhan Agregat

(mm)	Ø	Spesifikasi Lolos (%)			Spesifikasi Tertahan (%)	Spesifikasi Tertahan Kumulatif (gram)	Spesifikasi Tertahan (gram)
		BA	BT	BB			
19	1"	100	100	100	0	0	0
13,2	3/4"	100	100	100	0	0	0
9,5	3/8"	100	92,5	85	7,5	90	90
6,7	1/4"	70	52,5	35	47,5	570	480
4,75	No.4	45	32,5	20	67,5	810	240
2,36	No.8	20	15	10	85	1020	210
1,18	No.16	14	10	6	90	1080	60
0,6	No.30	10	7,5	5	92,5	1110	30
0,3	No.50	8	6	4	94	1128	18
0,15	No.100	7	5	3	95	1140	12
0,075	No.200	5	3,5	2	96,5	1158	18
Pan	Pan	0	0	0	100	1200	42

Didapatkan hasil presentase agregat dengan CA sebesar 7,5% , MA sebesar 60% dan FA sebesar 32,5%. Hasil *blending* agregat digunakan untuk pembuatan benda uji penentuan benda uji penentuan nilai KAO. Penggambaran agregat batas tengah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Hasil Rekayasa Blending

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 1 penentuan proporsi agregat sudah memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

3.2 Analisa Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

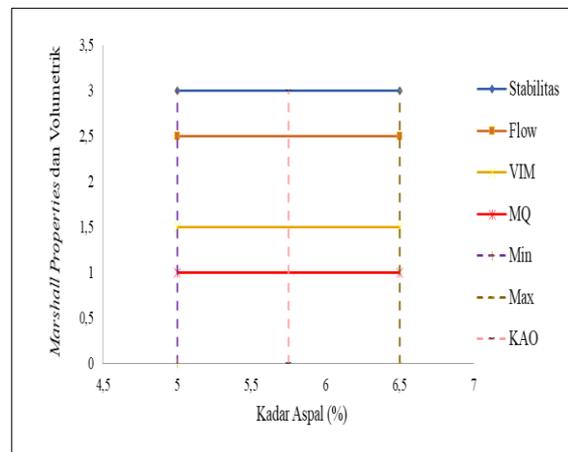
Penentuan kadar aspal optimum dengan menggunakan variasi aspal 5%, 5,5% , 6% , dan 6,5%. Masing- masing variasi kadar akan di buat 3 benda uji untuk penentuan KAO. Hasil dari analisa perhitungan *Marshall Properties* dapat dilihat Tabel 5.

Tabel 5
Hasil Perhitungan Marshall Properties untuk Penentuan KAO

Berdasarkan Tabel 5 kemudian dilanjutkan menganalisa nilai KAO dan di sesuaikan dengan ketentuan spesifikasi gradasi Australia campuran

Kadar Aspal	Benda Uji	Properties Marshall					
		VIM	VMA	VFWA	Stabilitas	Flow	MQ
%		%	%	%	kg	mm	kg/mm
5	1	24,634	33,744	26,995	755,924	3,230	234,032
	2	25,330	34,355	26,270	921,767	3,190	288,955
	3	24,404	33,541	27,242	611,938	3,760	162,750
	Rata-rata	24,790	33,880	26,836	763,210	3,393	228,579
5,5	1	22,454	32,641	31,209	791,920	3,370	234,991
	2	23,505	33,554	29,949	1309,879	3,480	376,402
	3	24,403	34,334	28,925	863,913	3,980	217,063
	Rata-rata	23,454	33,510	30,028	988,571	3,610	276,152
6	1	21,436	32,562	34,168	1223,876	5,090	240,447
	2	22,023	33,066	33,396	1309,879	4,920	266,236
	3	19,365	30,784	37,095	1259,873	4,130	305,054
	Rata-rata	20,942	32,138	34,887	1264,543	4,713	270,579
6,5	1	17,633	30,122	41,462	1331,865	5,120	260,130
	2	20,282	32,369	37,343	1511,847	4,490	336,714
	3	20,755	32,771	36,666	1358,393	5,200	261,230
	Rata-rata	19,557	31,754	38,490	1400,702	4,937	286,025

aspal porus yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik Penentuan KAO

Berdasarkan Gambar 2 didapatkan nilai minimum kadar aspal sebesar 5% dan nilai maksimal kadar aspal sebesar 6,5% sehingga di dapatkan nilai KAO dilihat pada analisa dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 \text{KAO} &= \frac{(\text{Kadar aspal min} + \text{kadar aspal maks})}{2} \\
 &= \frac{(5+6,5)}{2} \\
 &= 5,75\%
 \end{aligned}$$

3.3 Analisa Pembuatan Benda Uji dengan Penambahan Lateks

Pada penelitian ini, benda uji menggunakan tambahan aditif lateks yang digunakan dengan variasi 1%, 3%, dan 5%. Masing- masing variasi dibuat 3 benda uji dengan presentase agregat yang sama digunakan pada benda uji untuk penentuan KAO. Presentase aspal yang digunakan dalam pembuatan benda uji dengan penambahan lateks yaitu presentase dari Kadar Aspal Optimum sebesar 5,75%. Untuk variasi berat kadar lateks dapat dilihat sebagai berikut :

- Berat variasi 1% = 0,69 gram
- Berat variasi 3% = 2,07 gram
- Berat variasi 5% = 3,45 gram

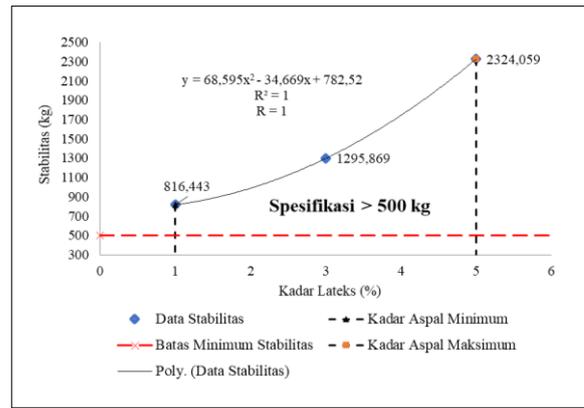
3.4 Analisa Nilai Marshall Properties dan Penentuan KLO (Kadar Lateks Optimum)

Benda uji yang telah dibuat dengan beberapa variasi lateks yang sesuai dengan direncanakan, maka dilanjutkan untuk diuji dengan alat Marshall Test untuk dilanjutkan menganalisa Marshall Properties untuk mendapatkan nilai KLO. Berikut merupakan hasil analisa perhitungan Marshall Properties dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6
Hasil Perhitungan Marshall Properties untuk KLO

Kadar Aspal %	Benda Uji	Properties Marshall					
		VIM %	VMA %	VFWA %	Stabilitas kg	Flow mm	MQ kg/mm
1	1	24,554	34,446	28,716	1153,459	3,560	324,005
	2	25,365	35,150	27,838	683,931	3,440	198,817
	3	23,752	33,749	29,621	611,938	3,450	177,373
	Rata-rata	24,557	34,448	28,725	816,443	3,483	233,399
3	1	20,482	30,330	32,471	2051,793	4,400	466,317
	2	29,532	38,259	22,812	971,902	3,050	318,656
	3	21,569	31,283	31,051	863,913	3,980	217,063
	Rata-rata	23,861	33,291	28,778	1295,869	3,810	334,012
5	1	25,560	34,593	26,112	2107,147	5,800	363,301
	2	24,988	34,090	26,700	2355,047	5,780	407,448
	3	18,752	28,611	34,458	2509,984	5,080	494,091
	Rata-rata	23,100	32,431	29,090	2324,059	5,553	421,613

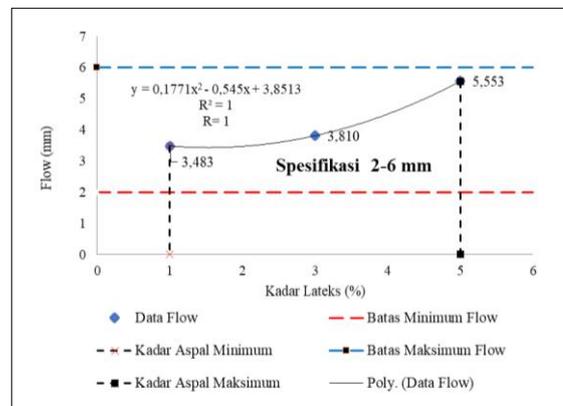
Pengaruh penambahan lateks terhadap aspal porus digambarkan pada grafik dibawah. Penentuan persamaan garis menggunakan metode *least square error*. Hubungan penambahan kadar lateks dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3 Grafik Hubungan Penambahan kadar Lateks dengan Nilai Stabilitas

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan nilai stabilitas setelah penambahan kadar lateks mengalami kenaikan dan semua variasi kadar lateks memenuhi spesifikasi yaitu > 500 kg. Didapatkan nilai minimum dan maximum dari kadar lateks sebesar 1% dan 3%. Berdasarkan persamaan juga didapatkan nilai koefisien korelasi yakni 1 yang menandakan bahwasannya penambahan kadar lateks terhadap campuran sangat berpengaruh kuat terhadap nilai stabilitas.

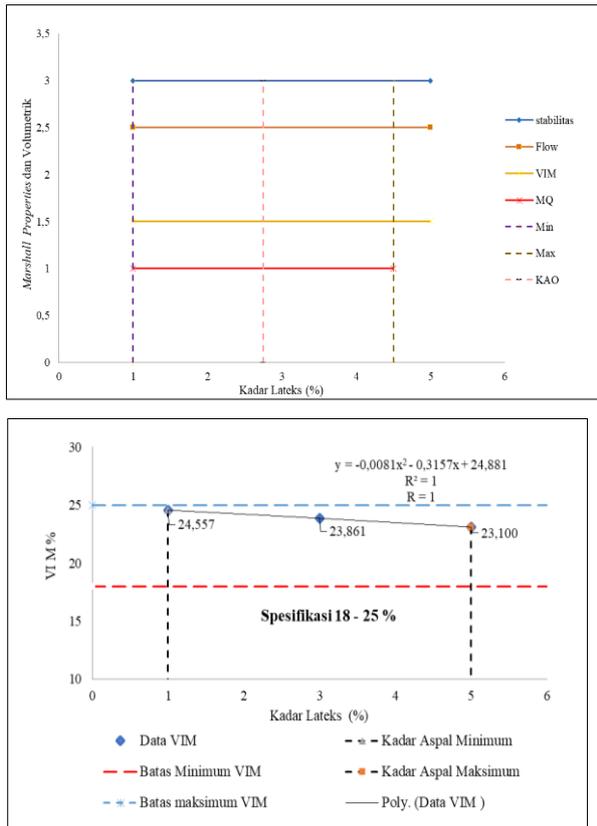
Hubungan penambahan kadar lateks dengan nilai flow dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4 Grafik Hubungan Penambahan kadar Lateks dengan Nilai Flow

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui nilai flow setelah penambahan lateks mengalami kenaikan. Semua variasi lateks memenuhi spesifikasi dengan rentang 2 - 6 mm. Berdasarkan persamaan juga didapatkan koefisien korelasi yakni 1 yang menandakan bahwasannya penambahan kadar lateks terhadap campuran berpengaruh kuat terhadap nilai flow.

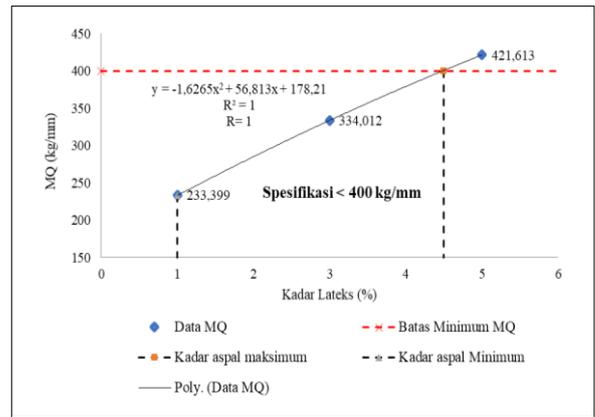
Hubungan penambahan kadar lateks dengan nilai *VIM* dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5 Grafik Hubungan Penambahan kadar Lateks dengan VIM

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan nilai *VIM* mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar lateks. Semakin rendahnya nilai *VIM* rongga didalam campuran juga rendah. Semua variasi kadar lateks memenuhi spesifikasi dengan rentang 18-25%. Berdasarkan persamaan juga didapatkan nilai koefisien korelasi yakni 1 yang menandakan bahwa penambahan kadar lateks terhadap campuran aspal porus sangat berpengaruh kuat terhadap nilai *VIM*.

Hubungan penambahan kadar lateks dengan nilai *MQ* dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6 Grafik Hubungan Penambahan kadar Lateks dengan Nilai MQ

Berdasarkan Gambar 6 hubungan kadar lateks terhadap campuran kadar lateks mengalami kenaikan sehingga terjadi perpotongan *trendline* pada titik 4,75%, sehingga batas maksimum kadar lateks yang masuk spesifikasi hanya sampai kadar lateks 4,5%.

Nilai parameter *Marshall Properties* yang telah didapatkan digabungkan untuk mendapatkan nilai optimum kadar lateks yang digambarkan pada grafik hasil penentuan nilai kadar lateks optimum yang dapat dilihat pada Gambar 7

Gambar 7 Grafik Penentuan KLO

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa kadar plastik minimum dan maksimum yakni 1% dan 4,5%. Perhitungan nilai KLO dapat dilihat dibawah.

$$\begin{aligned}
 KLO &= \frac{(\text{Kadar aspal min} + \text{kadar aspal maks})}{2} \\
 &= \frac{(1+4,5)}{2} \\
 &= 2,75\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan nilai KLO sebesar 2,75%. Nilai tersebut digunakan untuk menentukan nilai berikutnya yakni nilai ketidakrataan dan durabilitas.

3.5 Analisa Nilai Ketidakrataan (*IRI*)

Analisa nilai ketidakrataan menggunakan metode *sand path method* agar mendapatkan nilai *IRI* nya. Metode ini mempunyai konsep dengan pengukuran volume dengan berat untuk mengetahui nilai ketidakrataan pada benda uji menggunakan pasir Ottawa. Besar volume pasir yang mengisi ketidakrataan didapat dari berat pasir ottawa yang mengisi rongga benda uji kemudian dibagi dengan berat volume pasir

ottawa. Hasil Pengujian nilai *IRI* dapat dilihat pada Tabel 7.

$$= \frac{1550}{1701,13}$$

$$= 91 \%$$

Tabel 7
Hasil Perhitungan Pengujian Ketidakrataan

Kadar Lateks	Sampel	Sisi	Volume dari Berat Pasir			Kedalaman	IRI	IRI rata-rata sisi	IRI rata-rata sampel	Kondisi jalan
			Awal	Akhir	Volume					
%	buah		gr	gr	cm ³	cm	m/km	m/km	m/km	
2,75	1	atas	50	47	1,657	0,020	1,990	2,321	1,326	SANGAT BAIK
		bawah	50	46	2,210	0,027	2,653			
	2	atas	50	48	1,105	0,014	1,326	0,995		
		bawah	50	49	0,552	0,007	0,663			
	3	atas	50	49	0,552	0,007	0,663	0,663		
		bawah	50	49	0,552	0,007	0,663			

Berdasarkan Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa nilai *IRI* pada benda uji memenuhi spesifikasi yang ditentukan, yaitu ≤ 4 m/km sehingga dapat dikatakan benda uji dengan kadar lateks 2,75% dapat digunakan karena memenuhi spesifikasi jalan yang baik.

3.6 Analisa Nilai Durabilitas

Pengujian durabilitas menggunakan *Marshall Immersion* yaitu perbandingan benda uji yang direndam pada suhu 60 °C. Analisa nilai durabilitas menggunakan metode standar dengan durasi rendaman 30 menit dan 24 jam. Nilai durabilitas didapat dari perhitungan nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS). Hasil perhitungan Nilai IKS dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8
Hasil Perhitungan Nilai IKS

Parameter	Sampel	Durabilitas Perendaman (60°C)	
		30 menit	24 jam
Nilai Stabilitas (kg)	1	1841,1	1550
	2	1647,3	1518
	3	1615	1583
	Rata-rata	1701,13	1550
Nilai IKS (%)		100	91

Berdasarkan Tabel 8 menunjukkan bahwa benda uji kadar lateks optimum dengan durasi perendaman 30 menit dan 24 jam didalam *waterbath* mendapatkan nilai stabilitas 1841,1 kg dan 1550 kg. Dari nilai tersebut dilakukan perbandingan IKS dengan membandingkan nilai perendaman 30 menit dengan 24 jam. Analisa perhitungan IKS dilakukan pada semua benda uji kemudian diambil rata-rata hasil dari nilai tersebut yang dapat dilihat sebagai berikut:

$$IKS = \frac{S_1}{S_2} \times 100\%$$

Nilai IKS yang semakin besar menunjukkan bahwa campuran aspal semakin *durable* (awet) begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai IKS seiring dengan durasi perendaman maka campuran tidak *durable*. Menurut Bina Marga 2018 nilai IKS adalah $\geq 90\%$ sehingga dapat dikatakan bahwa benda uji mampu menahan beban yang melintas dipermukaan dalam keadaan terendam 24 jam dengan suhu 60°C.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisa *Marshall Properties* yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan kadar lateks dengan variasi 1%, 3%, 5% terhadap nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran aspal porus dapat memperbaiki nilai *Marshall Properties*. Dengan nilai dengan peningkatan nilai Stabilitas, *Flow*, *VFWA*, dan *MQ*. Kemudian mengalami penurunan pada nilai *VIM* dan *VMA*. Sehingga didapat nilai kadar lateks optimum sebesar 2,75%.
2. Nilai ketidakrataan pada campuran aspal porus dengan penambahan lateks pada kondisi Kadar Lateks Optimum (KLO) didapatkan bahwa campuran dengan penambahan lateks memenuhi spesifikasi yang ada. Nilai ketidakrataan didapatkan sebesar 1,326 m/km dengan nilai ketidakrataan maksimum sesuai dengan spesifikasi yakni ≤ 4 m/km, sehingga dapat dikatakan nilai ketidakrataan dalam kondisi KLO masuk kedalam spesifikasi kondisi jalan yang baik.
3. Hasil dari analisa durabilitas pada campuran aspal porus dengan penambahan lateks pada kondisi Kadar Lateks Optimum (KLO) didapatkan nilai IKS (Indeks Kekuatan Sisa) adalah 91%. Berdasarkan dengan spesifikasi Bina Marga tahun 2018 syarat nilai IKS $\geq 90\%$, dengan artinya dapat disimpulkan penambahan lateks bisa menjadikan campuran aspal porus lebih awet (*durable*).

4.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminsyah, M., & Syahid, R. S. (2019). Pengaruh Penambahan Lateks pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC). *Prosiding 6th Andalas Civil Engineering National Conference*, 464–473
- Ayun, Q., & Prastyanto, C. A. (2021). Analisis Pengaruh Variasi Gradasi Aspal Porus Terhadap Parameter Marshall dan Permeabilitas. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(1), 55.
- AAPA. *Australia Asphalt Pavement Association*. (2004). Open Graded Asphalt Design Guide, Australia
- Candra, P. R., Siswanto, H., & Rahardjo, B. (2021). Karakteristik Marshall Campuran Aspal Porus dengan Penambahan Polyurethane. *Media Teknik Sipil*, 19(1), 11–16.
- Chairuddin, F., Tdaronge, W., Ramli,; Muhammad, & Patanduk, J. (2013). Kajian Eksperimental Dampak Genangan Air Hujan Terhadap Struktur Aspal Pavement (Studi kasus Ruas Jalan Dr .Wahidin Sudiro Husodo Kota Makassar (122 m)). In *Konferensi Nasional Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret* (Vol. 7, Issue 7).
- Databoks.katadata.co.id. (2021, 12 Desember). Ketersediaan Karet Nasional Diproyeksikan Terus Meningkatkan hingga Tahun 2024. Diakses 3 Agustus 2022,dari <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/12/30/ketersediaan-karet-nasional-diproyeksikan-terus-meningkat-hingga-tahun-2024>
- Ghulam, M., Nariswari, W., Ariyanto, E., & Gunawan, T. (2017). Nilai Stabilitas Porus Asphalt Menggunakan Material Lokal. *Politeknik Negeri Bayuwangi*, 33–40.
- Ramadhan, N., Reza, R., Ludfi Djakfar, I., & Bowoputro, H. (2014). Pengaruh Penambahan Additive Gilsonite HMA Modifier Grade Terhadap Kinerja Aspal Porus. *Universitas Brawijaya*, 1–12.
- Spesifikasi Umum Bina marga 2005. (n.d.). Spesifikasi Umum. Teknik Pengelolaan Jalan. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pusat Penelitian Pengembangan Prasarana Transportasi. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Sulistiyatno, A., Fajri, M. D., Mochtar, I. B., Kartika, A. A., & Maulana, M. A. (2012). Studi Pengaruh Genangan Air Terhadap Kerusakan Jalan Aspal dan Perencanaan Subdrain Untuk Ruas Jl. Rungkut Industri Raya, Jl. Rungkut Kidul Raya, Surabaya. *Jurnal Teknik POMITS* Vol. 1 No. 1, 1(1), 1–6.