

Pengaruh penambahan *Rediset LQ-1106* terhadap kinerja struktur campuran aspal porus

Eza Marizka¹, Miftahul Fauziah^{2,*} dan Subarkah³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Article Info

Article history:

Received: May 24, 2021

Revised: May 24, 2022

Accepted: May 31, 2022

Available online:

Jun 15, 2022

Keywords:

Porous asphalt

Marshall

Indirect tensile strength

Rediset LQ-1106

Wheel tracking

Abstract

Porous asphalt is an asphalt mixture with high porosity to reduce the potential waterlogging and increase the roughness of the road surface. However, porous asphalt mixture has shortcomings in terms of strength and durability. This paper presents laboratory testing results of the effect of adding Rediset LQ-1106 additive on the performance of a porous asphalt mixture. The research was started with the determination of the optimum asphalt content. Then, the test object was made with Rediset LQ-1106 using variations in 0%, 1%, 2%, and 3% of the optimum asphalt content and carried out the Marshall test, Immersion Test, Indirect Tensile Strength, Tensile Strength Ratio, and Wheel Tracking. The test results show that adding 1% of Rediset LQ-1106 resulted in the optimum performance of porous asphalt compared to other grade additions. This performance is evidenced by the increase in the mixture stability value by 18.62%, the Indirect Tensile Strength value of 20.14%, the dynamic stability value of 35.88%, and the most negligible deformation speed compared to porous asphalt, which does not use Rediset LQ-1106. However, the Index Retained Strength, and Tensile Strength Ratio tests did not significantly increase performance.

Corresponding Author:

Miftahul Fauziah

miftahul.fauziah@uii.ac.id

Copyright © 2022 Universitas Islam Indonesia

All rights reserved

Pendahuluan

Aspal porus merupakan salah satu teknologi perkerasan lentur yang dikembangkan untuk meminimalisir kerusakan perkerasan jalan khususnya yang disebabkan oleh air. Hal ini disebabkan desain aspal porus memiliki porositas yang tinggi, sehingga dapat meloloskan air ke dalam lapisan sistem drainase. Namun demikian, aspal porus memiliki beberapa kelemahan yaitu kekuatan atau stabilitas yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran aspal lain karena komposisi aspal porus yang didominasi oleh agregat kasar, sehingga mengakibatkan aspal porus menjadi kaku dan cenderung rapuh (Widyastuti et al, 2013). Menurut Djakfar et al (2013), apabila campuran aspal porus dibandingkan dengan campuran aspal konvensional, campuran aspal porus hanya dapat menghasilkan nilai stabilitas sekitar 480 kg. Berdasarkan tingkat stabilitas aspal porus yang kurang dari 500 kg, campuran aspal porus termasuk ke dalam jenis campuran yang rentan

terhadap deformasi dan bersifat non-struktural yang harus didukung oleh jenis perkerasan struktural yang mempunyai nilai stabilitas lebih besar seperti AC-BC. Porositas yang tinggi juga menyebabkan campuran aspal porus memiliki durabilitas yang cenderung rendah karena lebih rentan terhadap oksidasi, temperatur, dan pengelupasan akibat ganguan air.

Upaya meningkatkan ketahanan campuran aspal porus terhadap kerusakan deformasi permanen, peka terhadap cuaca panas, oksidasi, rendahnya stabilitas dan durabilitas dapat dilakukan dengan menggunakan aspal yang telah dimodifikasi, antara lain adalah dengan *Rediset LQ-1106*. Menurut AkzoNobel (2011) dan AkzoNobel (2012), *Rediset LQ-1106* adalah bahan tambah kimia yang dapat memberikan nilai keawetan yang lebih pada konstruksi jalan dengan karakteristik sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik *Rediset LQ-1106* (AkzoNobel, 2011)

Parameter	Keterangan
Bentuk	Cairan
Warna	Hitam
Titik Nyala	> 200° C
Density	± 1 g/cc
Titik Beku	5° C

Keunggulan *Rediset LQ-1106* adalah mudah homogen dengan aspal, mudah larut dalam aspal, dapat meningkatkan kemampuan kerja campuran aspal, menghasilkan suhu pencampuran yang rendah, meningkatkan kohesi, mengurangi pengelupasan akibat efek oksidasi serta memiliki sifat *waterproofing* yang memberikan sifat tahan air dan tahan kelembaban dalam jangka panjang (*anti-stripping*) untuk meningkatkan umur jalan. Hamzah et al (2015) menyatakan bahwa kandungan surfaktan dalam *Rediset LQ-1106* adalah bahan kimia tambahan yang meningkatkan sifat pelapisan, kemampuan kerja, dan kemudahan pemadatan campuran aspal. AkzoNobel (2011) juga menegaskan bahwa kandungan surfaktan dalam *Rediset LQ-1106* membuat pelapisan pengikat aspal yang efisien pada permukaan agregat dan memungkinkan pengikat melapisi agregat dengan mudah sehingga meningkatkan kemampuan kerja campuran dan memungkinkan campuran menjadi lebih padat pada suhu campuran yang lebih rendah.

Penggunaan *Rediset LQ-1106* pada campuran aspal hangat (*warm mix asphalt*) telah banyak dikaji oleh peneliti sebelumnya (Leng, 2014; AkzoNobel, 2012; AkzoNobel, 2015; Hamzah dan Tye, 2013; Hamzah et al, 2015; Vahora dan Mishra, 2017; dan Khairuddin et al, 2019). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Khairuddin et al (2019), hasil campuran WMA yang dimodifikasi dengan *Rediset LQ-1106* mempunyai ketahanan deformasi yang lebih baik dibandingkan WMA (tanpa aditif). Leng et al (2014) mempublikasikan hasil temuannya bahwa penambahan *Rediset LQ-1106* memberikan ketahanan deformasi yang lebih baik dibandingkan dengan campuran aspal control dan pembanding *Evotherm 3G*. Penelitian AkzoNobel (2015) juga menyimpulkan bahwa campuran aspal dengan penambahan *Rediset LQ-*

1106 meningkatkan kekuatan nilai tarik tidak langsung, ketahanan deformasi, dan temperatur.

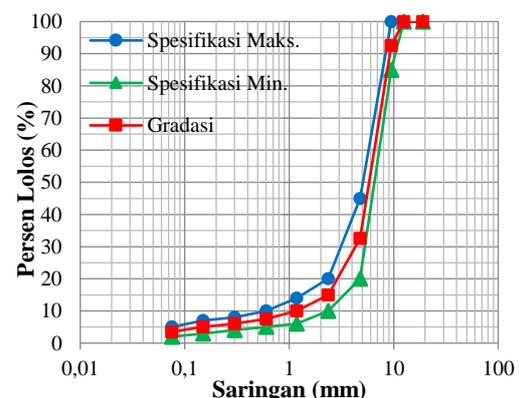
Berbeda dengan banyak peneliti sebelumnya yang telah mengkaji penggunaan *Rediset LQ-1106* pada campuran *warm mix asphalt*, penggunaan *Rediset LQ-1106* pada campuran aspal panas, khususnya campuran aspal porus belum pernah dipublikasikan sebelumnya. Paper ini menyajikan hasil penelitian tentang pengaruh penggunaan *Rediset LQ-1106* terhadap kinerja struktur campuran aspal porus, khususnya terhadap karakteristik *Marshall*, kuat tarik tak langsung, dan stabilitas dinamisnya.

Metode penelitian

Bahan penyusun aspal porus

Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan berasal dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta. Bahan ikat aspal yang digunakan adalah Aspal pen 60/70 produksi dari PT. Pertamina, Cilacap. *Rediset LQ-1106* diperoleh dari PT. Enceha Pacific, Jakarta.

Tahap awal penelitian adalah melakukan pengujian terhadap sifat fisik material berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu pengujian karakteristik agregat, aspal pen 60/70, dan aspal modifikasi dengan *Rediset LQ-1106*. Tahap selanjutnya adalah membuat benda uji dengan gradasi campuran aspal porus sesuai spesifikasi *Asphalt Pavement Association* (2004) seperti Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan gradasi campuran aspal porus
Berdasar rancangan gradasi pada Gambar 1, benda uji campuran aspal porus dibuat untuk memperoleh kadar aspal optimum sesuai metode dan spesifikasi *Asphalt Pavement*

Association (2004). Tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji pada kadar aspal optimum dengan penambahan berbagai variasi kadar *Rediset LQ-1106*, yaitu sebesar 0%, 1%, 2% dan 3% terhadap berat aspal (Hamzah et al, 2015). Pengujian yang dilakukan adalah karakteristik *Marshall* standar dan dengan rendaman (*IRS*) kuat tarik tak langsung tanpa dan dengan rendaman (*TSR*), dan stabilitas dinamis.

Pengujian marshall standard dan immersion test

Pengujian ini berdasarkan RSNi M-01-2003. Pada prinsipnya, pengujian *Marshall* Standar dan *Immersion Test* hampir sama tata caranya dan perbedaannya hanya terletak pada lama perendaman yang dilakukan dalam *waterbath* untuk pengujian *Immersion Test*.

Indirect tensile strength (ITS) dan tensile strength ratio (TSR)

Pengujian ini menggunakan pelat berbentuk cekung pada bagian penekan *Marshall* dan pengukuran kekuatan tarik akan dihentikan apabila jarum pengukur pembebanan telah berbalik arah atau bergerak berlawanan dengan arah jarum jam. Pengujian *ITS* dan *TSR* berpedoman pada SNI 6753: 2015, dimana standar ini menetapkan persiapan benda uji dan pengukuran perubahan kekuatan tarik yang didapat akibat penjenjuran dan pembasahan dari benda uji campuran beraspal panas. Hasil perbandingan benda uji kering (*ITS* standar) dengan benda uji yang direndam selama 24 jam (*ITS* rendaman) dinyatakan dalam persen (%) yang disebut *Tensile Strength Ratio (TSR)*. Perhitungan *ITS* dan *TSR* dapat dilihat pada Persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$ITS = \frac{2 \times P \text{ maks}}{\pi \times t \times d} \quad (1)$$

$$TSR = \frac{ITS_o}{ITS_n} \times 100\% \quad (2)$$

dengan,

P maks : beban puncak (N),
t : tinggi sampel (mm),
d : diameter benda uji (mm),

ITS_o : kekuatan tarik tidak langsung awal (kPa), dan

ITS_n : kekuatan tarik tidak langsung rendaman (kPa).

Pengujian wheel tracking

Wheel Tracking Machine (WTM) digunakan untuk menguji ketahanan campuran terhadap deformasi permanen akibat beban dinamis kendaraan. *WTM* dianggap lebih mampu mensimulasikan kondisi lapangan dan dapat disimulasikan di laboratorium dengan beban roda yang bergerak maju dan mundur yang melintas di atas benda uji. Prosedur pengujian *Wheel Tracking* mengacu pada *Manual for Design and Construction of Asphalt Pavement (JRA)* 1980. Kemampuan lapis perkerasan aspal menahan jejak roda dinyatakan dengan stabilitas dinamis (*DS*) yang perhitungannya dapat dilihat pada Persamaan 3. Selain itu, dilakukan juga pengukuran kecepatan deformasi yang terjadi (*RD*) dengan Persamaan 4.

$$DS = 21 \times 2 \times \frac{(t_2 - t_1)}{(d_2 - d_1)} \quad (3)$$

$$RD = \frac{(t_2 - t_1)}{(d_2 - d_1)} \quad (4)$$

dengan,

DS : *Dynamic Stability* (lintasan/mm),

RD : *Rate of Deformation* (mm/menit),

d_1 : nilai deformasi (kedalamannya) pada menit ke t_1 45 menit (mm),

d_2 : nilai deformasi (kedalamannya) pada menit ke t_2 60 menit (mm),

t_1 : waktu pengujian 45 menit, dan

t_2 : waktu pengujian 60 menit.

Hasil dan pembahasan

Pengujian karakteristik bahan dan kadar aspal optimum

Hasil pengujian karakteristik bahan berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018 dapat dilihat pada Tabel 2 hingga Tabel 4. Selanjutnya, kadar aspal optimum campuran aspal porus ditentukan berdasarkan metode *Australian Asphalt Pavement Association* (2004) dengan mensyaratkan tiga parameter yaitu nilai *VIM* minimum, *cantabro loss* maksimum dan *Asphalt Flow Down* seperti pada Gambar 2 hingga

Gambar 4. Terakhir, rekapitulasi hasil kadar aspal optimum disajikan pada Tabel 5.

Tabel 2. Hasil pengujian agregat

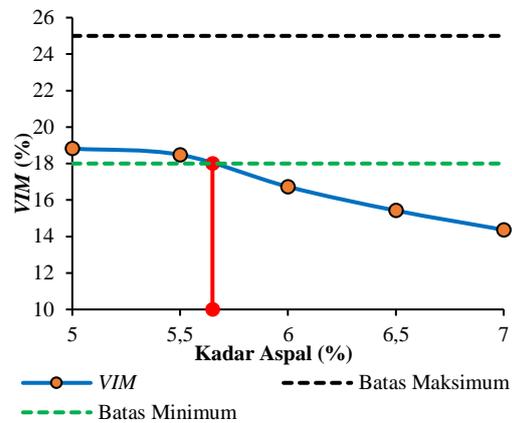
Jenis Pengujian	Spek.	Kasar	Halus
Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,66	2,62
Material Lolos Saringan No. 200 (%)	≤ 10	0,78	7,46
Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles (%)	≤ 40	23,70	-
Kekekalan terhadap larutan Natrium Sulfat (%)	≤ 12	5,42	-
Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	≥ 95	98	-
Nilai Setara Pasir (%)	≥ 50	-	91,89

Tabel 3. Hasil pengujian aspal

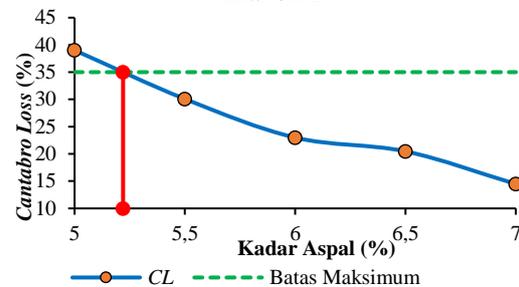
Parameter	Aspal Pen 60/70		Aspal Modifikasi Anti-Stripping	
	Spek.	Hasil	Spek.	Hasil
Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,050	0,92 - 1,06	1,045
Penetrasi (0,1 mm)	60 - 70	63,1	-	61,1
Daktilitas (cm)	≥ 100	164	-	164
Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	285	≥ 180	289
Titik Bakar ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	295	-	298
Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99,12	-	99,02 4
Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48	49	-	50

Tabel 4. Hasil perhitungan *Stiffness Modulus Bitumen* (S_{bit}) dengan persamaan *Ullidtz*

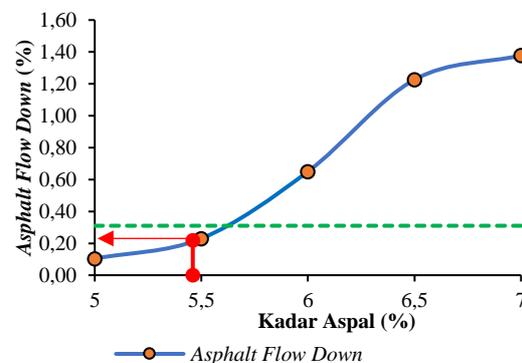
Kadar Aditif (%)	t (detik)	P_i (mm)	P_r (mm)	SP_r ($^{\circ}\text{C}$)	PI	PI_r	$SP_r - T$ ($^{\circ}\text{C}$)	S_{bit} (MPa)
0	0,06	63,1	41,015	55,899	-0,90	-0,282	27,899	7,299
1	0,06	61,1	39,715	56,268	-0,72	-0,275	28,268	7,740
2	0,06	66,8	43,420	55,247	-1,88	-0,295	27,247	6,568
3	0,06	71,4	46,410	54,485	-2,65	-0,310	26,485	5,790



Gambar 2. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VIM



Gambar 3. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai Cantabro Loss



Gambar 4. Grafik nilai Asphalt Flow Down pada berbagai kadar aspal

Tabel 5. Rekapitulasi hasil kadar aspal optimum

Karakteristik	Satuan (%)
VIM minimum	5,65
Cantabro Loss maksimum	5,22
Rata-rata VIM dan Cantabro Loss	5,44
Nilai Rata-rata VIM min. dengan Cantabro Loss maks. yang di plotting pada Grafik Asphalt Flow Down	0,23
Kadar aspal optimum	5,67

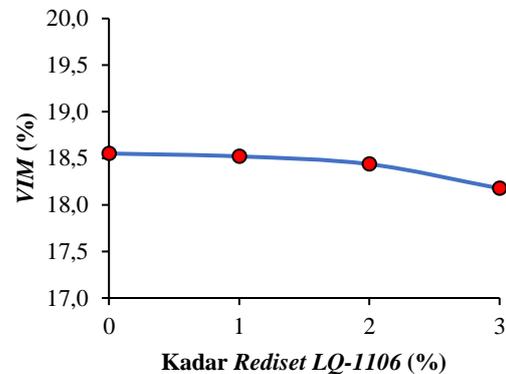
Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa nilai VIM minimum 18% digunakan untuk menentukan kadar aspal maksimum, sehingga diperoleh hasil 5,65%. Selain itu, nilai cantabro loss maksimum pada 35% digunakan untuk menentukan kadar aspal minimum yaitu 5,22%. Nilai rata-rata dari kedua hasil grafik VIM minimum dan cantabro loss maksimum yang didapatkan adalah 5,44%. Nilai tersebut kemudian diplot pada grafik Asphalt Flow Down dan diperoleh hasil 0,23%, sehingga diperoleh kadar aspal optimum adalah sebesar 5,67% terhadap berat total campuran.

Karakteristik marshall standard

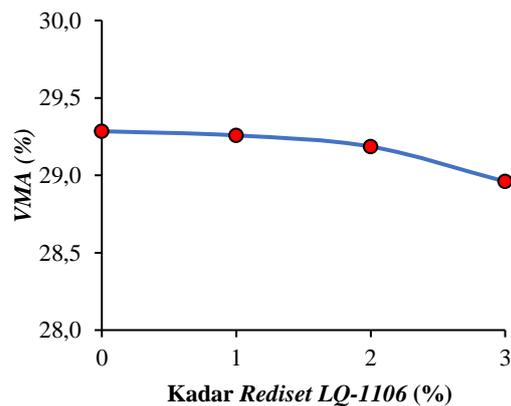
Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui kinerja campuran dengan parameter dari uji Marshall. Diantara parameter uji Marshall tersebut adalah Void in the Total Mix (VIM), Void Filler with Asphalt (VFMA), Void in Mineral Agregat (VMA), kepadatan (*density*), stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*) dan Marshall Quotient (MQ). Adapun hubungan antara penambahan kadar Rediset LQ-1106 dengan parameter uji Marshall dapat dilihat pada Gambar 5 sampai Gambar 11.

Berdasarkan Gambar 5, dapat diketahui bahwa nilai VIM campuran aspal porus mengalami penurunan seiring penambahan penggunaan kadar Rediset LQ-1106. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kadar Rediset LQ-1106 yang ditambahkan, maka viskositas bahan ikat akan menurun dan memudahkan untuk melapisi agregat dan mengisi rongga campuran. Perubahan nilai VIM yang terjadi akibat penggunaan Rediset LQ-1106 adalah perubahan

yang tidak signifikan dan seluruh hasil pengujian tersebut memenuhi persyaratan AAPA (2004) yaitu >18%.



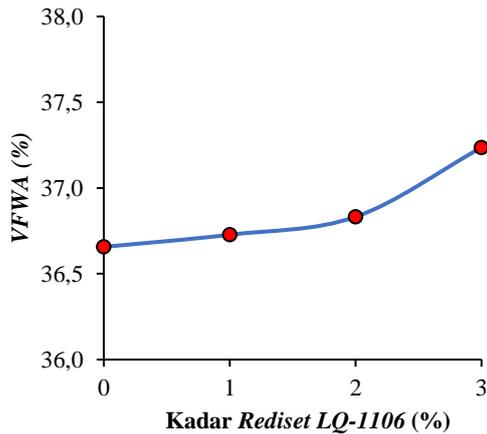
Gambar 5. Hubungan antara kadar Rediset LQ-1106 dengan nilai VIM



Gambar 6. Hubungan antara kadar Rediset LQ-1106 dengan nilai VMA

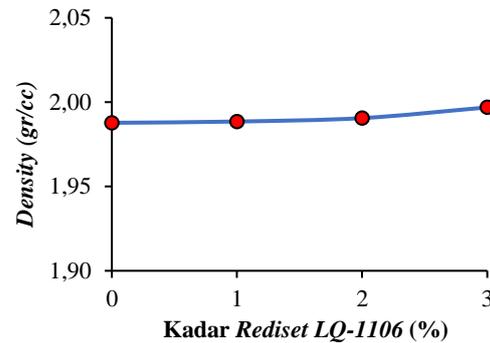
Kurva pada Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai VMA mengalami penurunan dengan penambahan kadar Rediset LQ-1106 dan menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Penurunan nilai VMA diakibatkan karena semakin banyak kadar Rediset LQ-1106 yang digunakan akan mengakibatkan bahan ikat semakin lembek dan memudahkan mengisi pori antar agregat dalam campuran dan menjadikan rongga antar agregat semakin kecil. Menurut Hamzah et al (2015), Rediset LQ-1106 memberikan sifat pemadatan yang lebih baik dan rongga antar agregat menjadi lebih kecil pada campuran WMA dibandingkan dengan HMA kontrol. Vahora dan Mishra (2017) menyatakan bahwa campuran WMA dengan penambahan

Rediset LQ-1106 mempunyai nilai *VMA* lebih kecil yaitu 13,05%, sedangkan campuran *WMA* kontrol dan aditif *Evotherm* mempunyai nilai *VMA* sebesar 14,45% dan 13,35%. Hal ini dikarenakan *Rediset LQ-1106* memberikan kemampuan kerja dan pematatan yang lebih baik bahkan di suhu pematatan yang rendah.



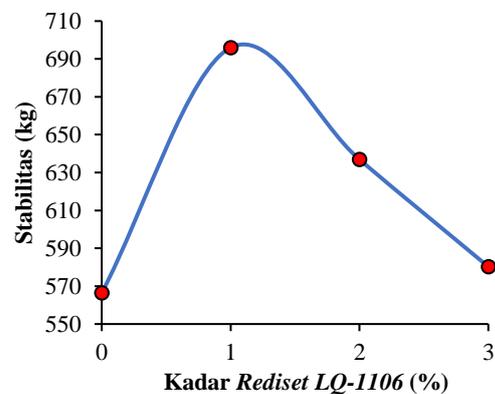
Gambar 7. Pengaruh kadar *Rediset LQ-1106* terhadap nilai *VFWA*

Grafik pada Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai *VFWA* semakin meningkat dengan bertambahnya kadar *Rediset LQ-1106* meskipun dengan nilai peningkatan yang tidak signifikan. Nilai *VFWA* yang tinggi menunjukkan bahwa rongga pada campuran lebih terisi oleh aspal. Hal ini disebabkan karena sifat aditif *Rediset LQ-1106* dapat menurunkan viskositas aspal (Akzonobel, 2011) (Hamzah et al, 2015), sehingga semakin besar kadar aditif maka agregat akan semakin mudah terlapsi aspal dan membuat selimut aspal semakin tebal yang berarti semakin kedap air dan udara. Dampak dari kondisi tersebut adalah campuran menjadi elastis. Hamzah dan Tye (2013) menyatakan bahwa campuran aspal dengan penambahan aditif *Rediset LQ-1106* meningkatkan nilai *VFMA*, karena aditif *Rediset LQ-1106* adalah kombinasi surfaktan dan aditif organik bisa meningkatkan keterbasahan pelapisan permukaan agregat dengan penurunan viskositas aspal (AkzoNobel, 2011).



Gambar 8. Pengaruh kadar *Rediset LQ-1106* terhadap nilai *density*

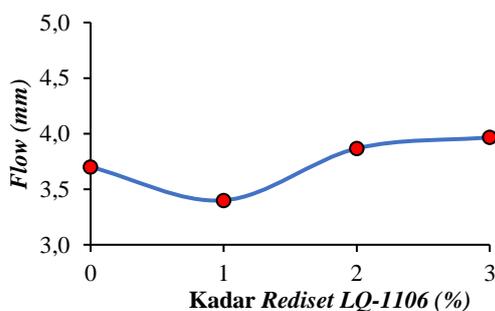
Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai *density* mengalami peningkatan yang tidak signifikan seiring dengan bertambahnya kadar *Rediset LQ-1106*. Nilai *density* yang meningkat diakibatkan karena semakin banyak kadar *Rediset LQ-1106* yang ditambahkan pada campuran, akan mengakibatkan campuran semakin padat. Hal ini dapat terjadi karena *Rediset LQ-1106* dapat membuat pelapisan pengikat aspal yang efisien pada permukaan agregat. Sifat ini memungkinkan pengikat untuk dengan mudah melapisi agregat dan campuran menjadi lebih padat pada suhu campuran yang lebih rendah.



Gambar 9. Hubungan kadar *Rediset LQ-1106* dengan nilai stabilitas

Kurva pada Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai stabilitas meningkat secara signifikan yaitu sebesar 18,62% pada penambahan kadar *Rediset LQ-1106* sebanyak 1%, namun kembali mengalami penurunan dengan bertambahnya kadar *Rediset LQ-1106*. Hal tersebut menunjukkan penambahan kadar optimum *Rediset LQ-1106* sebanyak 1% mengakibatkan kekakuan bahan ikat semakin tinggi berdasarkan

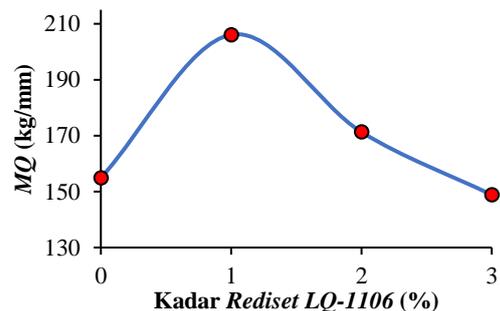
nilai perhitungan *Stiffness Modulus Bitumen* (S_{bit}) yang lebih besar sebagaimana tertulis pada Tabel 4, sehingga kemampuan untuk mempertahankan ikatan dan mencegah terjadinya deformasi semakin besar dan tentunya akan lebih stabil dalam menahan beban. Peningkatan nilai stabilitas juga dipengaruhi oleh sifat fisik campuran berdasarkan nilai *VIM* dan *VMA*. Semakin rendah serta nilai *density* semakin tinggi akibat penambahan *Rediset LQ-1106*, sehingga rongga di dalam campuran semakin rendah dan bahan ikat akan lebih mudah mengisi pori antar agregat serta mengakibatkan campuran semakin padat. Namun penambahan kadar *Rediset LQ-1106* di atas batas optimum akan menyebabkan penurunan nilai stabilitas karena menurunnya nilai kekakuan aspal serta bertambah tebalnya selimut aspal berdasarkan nilai *VFMA*, sehingga kemampuan agregat saling mengunci dan mengisi menjadi menurun serta gesekan internal antar agregat akan berkurang. Hamzah dan Tye (2013) yang menyimpulkan bahwa menggunakan kandungan *Rediset LQ-1106* yang lebih tinggi akan menurunkan stabilitas, *MQ* dan rongga udara campuran aspal, tetapi meningkatkan *VFMA*. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan *Rediset LQ-1106* yang lebih tinggi memiliki peran pelunakan dalam campuran aspal.



Gambar 10. Hubungan kadar *Rediset LQ-1106* dengan nilai *flow*

Berdasarkan Gambar 10 diketahui bahwa nilai *flow* menurun dan memiliki nilai terendah pada kadar *Rediset LQ-1106* 1%, selanjutnya meningkat seiring bertambahnya kadar *Rediset LQ-1106*. Hal ini disebabkan semakin tinggi penambahan kadar *Rediset LQ-1106* akan mengakibatkan campuran menjadi lebih lentur pada temperatur yang tinggi. Proses tersebut terjadi karena bahan ikat yang dimodifikasi mempunyai nilai kekakuan bahan ikat paling

kecil sesuai dengan nilai *stiffness modulus bitumen* pada Tabel 4. Nilai *flow* yang rendah menunjukkan campuran cenderung kaku dan memiliki deformasi yang kecil. Berdasarkan hasil pengujian nilai *flow* campuran aspal porus dengan penambahan *Rediset LQ-1106* 0%, 1%, 2% dan 3% secara berurutan adalah sebesar 3,70 mm, 3,40 mm, 3,87 mm dan 3,97 mm. Semua nilai *flow* tersebut telah memenuhi spesifikasi *AAPA 2004* yaitu sebesar 2 - 6 mm.

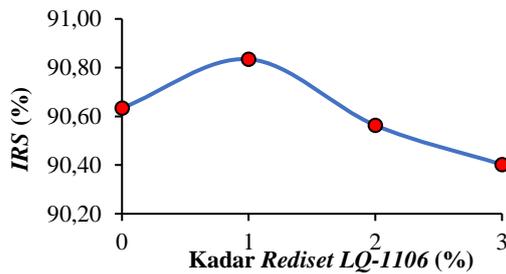


Gambar 11. Hubungan kadar *Rediset LQ-1106* dengan nilai *Marshall Quotient* (*MQ*)

Kurva pada Gambar 11 menunjukkan nilai *Marshall Quotient* mengalami peningkatan hingga penambahan kadar optimum *Rediset LQ-1106* 1% yaitu sebesar 24,84%, kemudian akan mengalami penurunan seiring pertambahan kadar *Rediset LQ-1106* yang menunjukkan campuran semakin fleksibel. Hal ini disebabkan karena penambahan *Rediset LQ-1106* dengan kadar 1% memberikan nilai kekakuan aspal paling tinggi sebagaimana tertulis pada Tabel 4, sehingga kemampuan aspal mengikat agregat dalam mempertahankan pada posisinya semakin bertambah dan campuran tidak mudah berdeformasi ketika menerima beban. Pada penelitian ini nilai *MQ* pada semua varian penambahan *Rediset LQ-1106* memenuhi persyaratan *AAPA 2004* yaitu <400 kg/mm.

Pengujian perendaman marshall (*immersion test*)

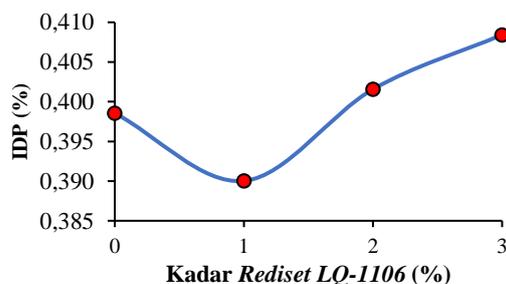
Pengujian perendaman *Marshall* dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan atau keawetan aspal terhadap pengaruh kerusakan oleh air, suhu, dan cuaca. Pengujian di laboratorium disimulasikan dengan merendam benda uji selama 0,5 jam dan 24 jam dengan suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$. Adapun hasil pengujian bisa dilihat pada Gambar 12 sampai Gambar 14.



Gambar 12. Perbandingan hasil penambahan Rediset LQ-1106 dengan nilai IRS

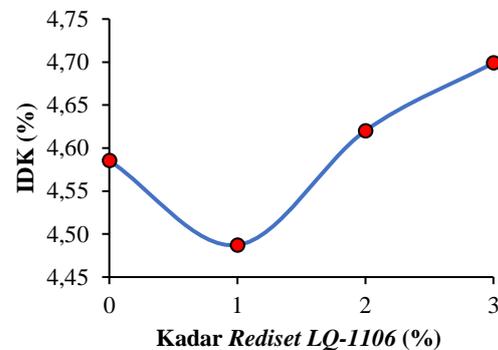
Berdasarkan Gambar 12 dapat diketahui *Index of Retained Strength (IRS)* campuran aspal porus tertinggi terjadi pada penambahan kadar Rediset LQ-1106 sebanyak 1%, kemudian nilai IRS menurun seiring bertambahnya kadar Rediset LQ-1106. Hal ini menunjukkan bahwa kadar optimum penambahan Rediset LQ-1106 adalah sebesar 1%. Penambahan kadar Rediset LQ-1106 di atas batas maksimum akan mengakibatkan campuran lebih peka terhadap perubahan temperatur (Tabel 4). Karakteristik aspal porus mempunyai kadar rongga yang besar dan seiring bertambahnya kadar Rediset LQ-1106 menyebabkan nilai VMA meningkat. Aspal yang pada awalnya berfungsi sebagai pengikat antar agregat akan menjadi pelicin setelah melampaui batas optimum, sehingga campuran akan mudah mengalami perubahan fisik dan kinerja akibat dari gangguan air dan temperatur tinggi.

Nilai IRS pada penambahan kadar Rediset LQ-1106 masih memenuhi spesifikasi syarat Bina Marga yaitu >90% dan menunjukkan perubahan yang tidak signifikan. Zhang et al (2017) menyimpulkan bahwa campuran WMA dengan penambahan Rediset LQ-1106 menunjukkan kekuatan sisa lebih besar dari pada kekuatan sisa campuran WMA tanpa Rediset LQ-1106, karena pengaruh *anti-stripping* Rediset LQ-1106 meningkatkan adhesi aspal dan agregat mengakibatkan ketahanan terhadap temperatur dan air juga meningkat.



Gambar 13. Hubungan kadar Rediset LQ-1106 dengan nilai indeks durabilitas pertama (IDP)

Kurva pada Gambar 13 menunjukkan campuran dengan kadar Rediset LQ-1106 1% mempunyai nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP) paling rendah dan mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar Rediset LQ-1106, yang artinya keawetan campuran akibat gangguan air dan temperatur meningkat pada penambahan kadar Rediset LQ-1106 1% dan menurun seiring dengan bertambahnya kadar Rediset LQ-1106. Berdasarkan perhitungan semua variasi penambahan kadar Rediset LQ-1106 memenuhi spesifikasi Bina Marga, yaitu <1%, sehingga dapat dikatakan campuran aspal porus dengan menggunakan Rediset LQ-1106 cukup *durable* hingga 24 jam.

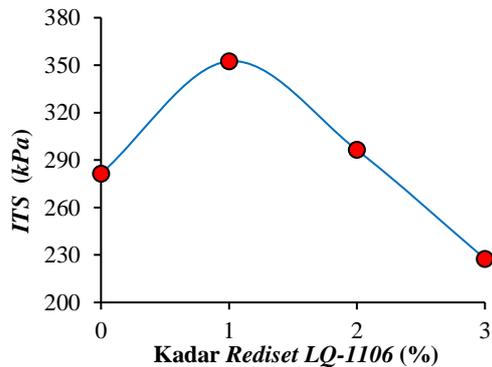


Gambar 14. Hubungan kadar Rediset LQ-1106 dengan nilai indeks durabilitas kedua (IDK)

Dari Gambar 14 dapat dilihat nilai Indeks Durabilitas Kedua (IDK) mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar Rediset LQ-1106, yang artinya semakin tinggi kadar Rediset LQ-1106 mengakibatkan ketahanan durabilitas campuran menurun karena pengaruh rendaman air. Nilai kehilangan kekuatan rata-rata satu hari pada campuran terkecil terjadi pada penambahan kadar Rediset LQ-1106 1% yaitu 4,487 % atau nilai kekuatan sisa satu hari adalah sebesar 95,513%.

Indirect tensile strength (ITS) dan tensile strength ratio (TSR)

Indirect tensile strength merupakan metode untuk mengetahui besar gaya tarik yang mampu ditahan oleh campuran aspal beton, sedangkan *Tensile strength ratio* merupakan hasil perbandingan nilai ITS standar dengan nilai ITS rendaman dinyatakan dalam persen (%). Adapun hasil pengujian di laboratorium bisa dilihat pada Gambar 15.



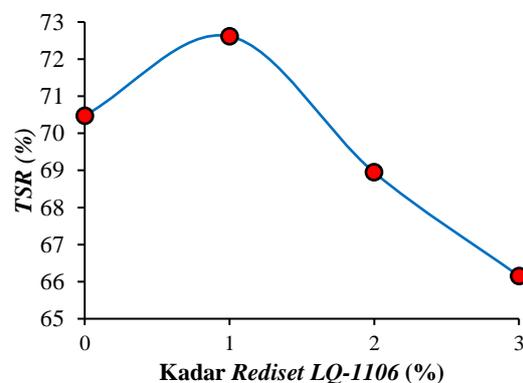
Gambar 15. Hubungan kadar *Rediset LQ-1106* dengan nilai *ITS*

Berdasarkan Gambar 15 dapat diketahui bahwa dengan adanya penambahan *Rediset LQ-1106* nilai ketahanan tarik mengalami peningkatan dan perubahan yang signifikan yaitu sebesar 20,14% pada kadar optimum 1% dengan nilai *ITS* sebesar 352,44 kPa, sedangkan nilai *ITS* untuk kadar *Rediset LQ-1106* 0%, 2% dan 3% secara berurutan yaitu 281,45 kPa, 296,30 kPa dan 227,56 kPa yang menunjukkan semakin menurun dengan bertambahnya kadar *Rediset LQ-1106*. Hal ini disebabkan campuran aspal porus yang menggunakan kadar *Rediset LQ-1106* 1% dapat memberikan lapisan kimia untuk meningkatkan kerekatan dan kekakuan aspal berdasarkan nilai perhitungan *Stiffness Modulus Bitumen (S_{bit})* yang lebih besar pada Tabel 4, menyebabkan aspal semakin pekat serta kemampuan aspal mengikat agregat dalam mempertahankan pada posisinya semakin bertambah, sehingga mempunyai sifat saling mengunci (*interlock*) yang baik. Sebaliknya, semakin banyak penggunaan *Rediset LQ-1106* mengakibatkan campuran akan semakin fleksibel, kemudian menjadikan bahan ikat menjadi cepat kehilangan kekuatan dalam mempertahankan ikatannya.

Hal yang sama dipublikasikan oleh AkzoNobel (2015) yang menyatakan bahwa campuran aspal hangat dengan penambahan aditif *Rediset LQ-1106* meningkatkan kekuatan kuat tarik tidak langsung dibandingkan dengan campuran aspal panas biasa dengan bahan ikat PG 64-22. Hal ini dikarenakan *Rediset LQ-1106* memungkinkan aspal untuk menciptakan ikatan kimiawi yang kuat antara agregat dan aspal yang tahan terhadap reaksi air dalam jangka panjang. Penelitian Zhang

et al (2019) menyimpulkan bahwa penambahan kadar *Rediset LQ-1106* 1% meningkatkan nilai *ITS* paling besar yaitu 0,537 MPa, sedangkan nilai campuran WMA dengan kadar *Rediset LQ-1106* 0%, 2% dan 3% secara berurutan adalah 0,524 MPa, 0,513 MPa dan 0,527 MPa yang menunjukkan penurunan dengan semakin bertambahnya kadar *Rediset LQ-1106*. Hal ini terjadi karena kadar *Rediset LQ-1106* 1% dapat menurunkan nilai penetrasi aspal sehingga aspal lebih kaku dan keras, sedangkan semakin tinggi kadar *Rediset LQ-1106* maka kekerasan aspal akan semakin menurun.

Grafik hubungan kadar *Rediset LQ-1106* dengan nilai *TSR* dilihat pada Gambar 16. Berdasarkan Gambar 16 dapat dilihat bahwa campuran aspal porus mengalami peningkatan pada kadar *Rediset LQ-1106* 1% yaitu sebesar 3,09% dengan nilai *TSR* 72,61%, sedangkan nilai *TSR* campuran aspal porus pembanding (kadar *Rediset LQ-1106* 0%) adalah sebesar 70,48% dan mengalami penurunan dengan meningkatnya kadar *Rediset LQ-1106*.



Gambar 16. Hubungan kadar *Rediset LQ-1106* dengan nilai *TSR*

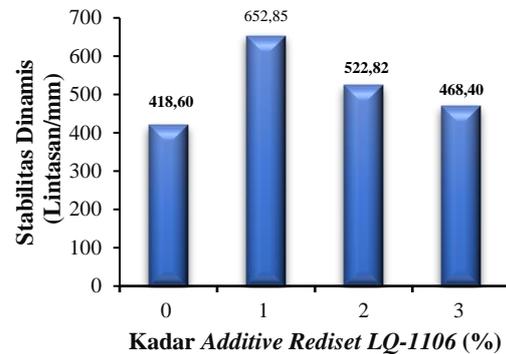
Hal ini dikarenakan kadar *Rediset LQ-1106* 1% memberikan pengaruh paling efisien tidak peka terhadap temperatur berdasarkan nilai indeks penetrasi semakin tinggi pada Tabel 4, sehingga memberikan ikatan aspal dengan agregat lebih baik serta memberikan sifat tahan air dan temperature. Namun, penambahan kadar *Rediset LQ-1106* di atas batas maksimum akan menyebabkan campuran lebih peka terhadap perubahan temperatur. Karakteristik aspal porus yang mempunyai kadar rongga yang besar dan seiring bertambahnya kadar *Rediset LQ-1106* menyebabkan nilai *VFMA* meningkat, meng-

akibatkan daya ikat aspal terhadap agregat semakin menurun, sehingga campuran akan semakin menjadi fleksibel dan sensitivitas campuran juga semakin menurun seiring dengan lamanya waktu perendaman di dalam air dengan suhu 60°C. Penelitian Ikpugha (2014) menyimpulkan bahwa nilai *TSR* pada campuran aspal *WMA* dengan *Rediset LQ-1106* adalah sebesar 105%, lebih besar dari pada campuran aspal kontrol yaitu 60% dan campuran aspal dengan aditif *Evotherm* yaitu sebesar 89%. Hal ini karena *Rediset LQ-1106* adalah aditif campuran hangat yang mengandung bahan kimia surfaktan yang mengurangi tegangan permukaan pengikat aspal dan memudahkan pelapisan agregat, sehingga menyebabkan ikatan kimia yang tinggi terbentuk antara aspal dan agregat serta tahan terhadap air dan temperatur.

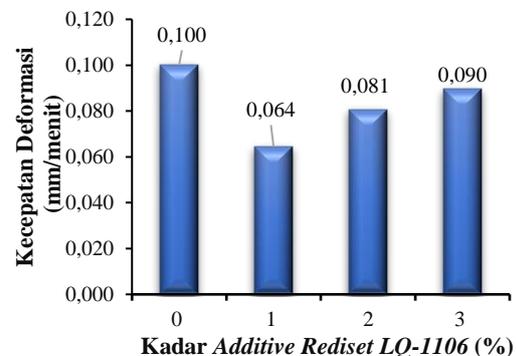
AAPA (2004) tidak mensyaratkan nilai *TSR* untuk campuran aspal porus karena nilai *TSR* hanya bersifat fungsional atau non-struktural, sedangkan *Asphalt Institute* mensyaratkan nilai *TSR* yaitu >80% untuk campuran struktural, oleh karena itu nilai *TSR* >80% tidak bisa digunakan sebagai acuan untuk campuran aspal porus yang mempunyai spesifikasinya lebih rendah berdasarkan metode *AAPA* 2004. Sejalan dengan penelitian Masri et al (2019) dan Cetin (2013), campuran aspal porus dengan nilai *TSR* lebih besar dari 70% masih dapat diterima, karena campuran aspal porus mempunyai kadar rongga yang besar sebagai fungsi drainase. Oleh karena itu, dari hasil pengujian campuran aspal porus dengan penambahan kadar *Rediset LQ-1106* 0% dan 1% didapat nilai *TSR* >70% yang menunjukkan campuran aspal porus mempunyai ketahanan terhadap rendaman air dan temperatur.

Pengujian wheel tracking

Pengujian *Wheel Tracking* bertujuan untuk mensimulasikan pembebanan yang akan diterima perkerasan di lapangan. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan Kementerian PUPR diperoleh hasil pengujian *Wheel Tracking* seperti 17 dan Gambar 18.

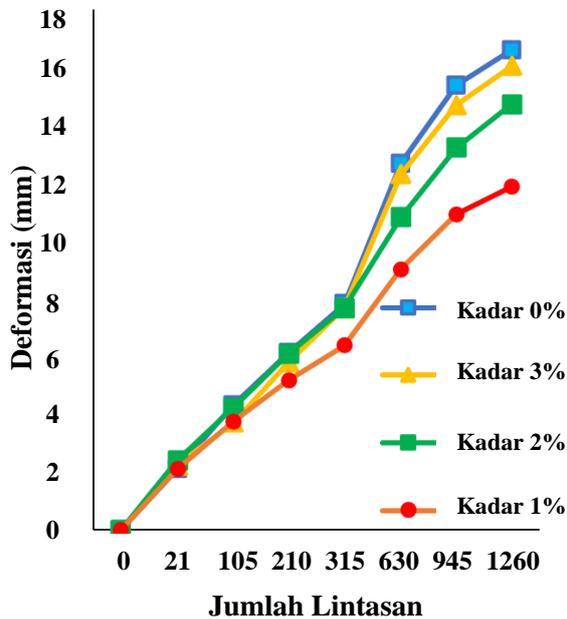


Gambar 17. Perbandingan hasil penambahan kadar *Rediset LQ-1106* dengan nilai stabilitas dinamis

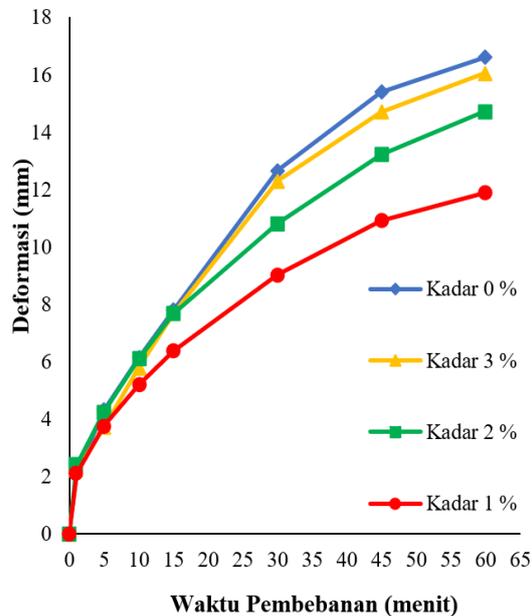


Gambar 18. Perbandingan hasil penambahan kadar *Rediset LQ-1106* dengan nilai kecepatan deformasi

Berdasarkan Gambar 17 dan Gambar 18 dapat dijelaskan bahwa berdasarkan hasil pengujian *Wheel Tracking Machine* dengan suhu 60°C, penambahan kadar *Rediset LQ-1106* 1% pada campuran aspal porus mempunyai nilai stabilitas dinamis paling besar dan kecepatan deformasi paling kecil yang menunjukkan perubahan signifikan yaitu sebesar 35,88%. Hal ini dikarenakan aspal dengan kadar *Rediset LQ-1106* 1% mempunyai nilai Indeks Penetrasi lebih tinggi berdasarkan Tabel 4 yang menunjukkan sensitivitas aspal terhadap temperatur lebih baik dan semakin menurun dengan bertambahnya kadar *Rediset LQ-1106*, menyebabkan kekerasan bahan ikat campuran semakin berkurang. Hal ini mengakibatkan stabilitas campuran juga akan menurun dalam menahan beban dan berdeformasi lebih besar. Adapun nilai penurunan deformasi setelah dilakukan pengujian *Wheel Tracking Machine* bisa dilihat pada Gambar 19 dan Gambar 20.



Gambar 19. Hubungan penambahan *Rediset LQ-1106* dengan waktu pembebanan dan deformasi pada campuran aspal porus



Gambar 20. Hubungan penambahan *Rediset LQ-1106* dengan waktu pembebanan dan deformasi pada campuran aspal porus

Berdasarkan Gambar 19 dan Gambar 20 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pembebanan dan jumlah lintasan berulang yang dilakukan terhadap campuran menunjukkan peningkatan deformasi. Campuran dengan nilai deformasi tertinggi hingga terendah secara berurutan yaitu

pada campuran aspal porus dengan kadar 0%, 3%, 2% dan yang tertinggi pada kadar 1%. dengan masing nilai deformasi sebesar 16,59 mm, 16,05 mm, 14,72 mm dan 11,87 mm. Besarnya deformasi campuran aspal porus meningkat seiring dengan peningkatan kadar aditif *Rediset LQ-1106*.

Dari Gambar 19 dan Gambar 20 juga terlihat jelas jika campuran aspal porus dengan kadar 1% mempunyai hasil deformasi yang paling kecil yaitu 11,76 mm dengan demikian campuran aspal porus kadar aditif 1% mempunyai ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi dibandingkan campuran aspal porus dengan kadar 0%, 2% dan 3%. Hal tersebut dikarenakan fungsi *Rediset LQ-1106* yang mudah larut dalam aspal memberikan lapisan kimia untuk meningkatkan kerekatan aspal dengan permukaan agregat sehingga ketika dibebani berulang tidak mudah mengalami penurunan (deformasi).

Sejalan dengan penelitian Zhang et al (2019), campuran WMA dengan kadar aditif *Rediset LQ-1106* 1% mempunyai nilai stabilitas dinamis paling tinggi yaitu 1583 lintasan/mm dan semakin menurun dengan bertambahnya kadar *Rediset LQ-1106* 2% dan 3% dengan nilai stabilitas dinamis yaitu 1486 lintasan/mm dan 1432 lintasan/mm, menyebabkan deformasi yang terjadi pada campuran WMA *Rediset LQ-1106* 1% lebih kecil dari pada campuran WMA dengan kadar *Rediset LQ-1106* 2% dan 3%. Hal ini terjadi karena ketahanan *rutting* campuran aspal terutama ditentukan oleh gesekan antar muka agregat dan aspal, namun aditif *Rediset LQ-1106* mengandung surfaktan jika ditambahkan terlalu banyak akan mengurangi gesekan antar muka antara agregat dan aspal mengubah sifat aspal menjadi pelicin.

Kesimpulan

Berdasar hasil yang telah didiskusikan dapat disimpulkan bahwa penambahan *Rediset LQ-1106* dengan kadar 1 % dapat menghasilkan kinerja struktur campuran aspal porus yang paling baik, yaitu dengan peningkatan nilai stabilitas *Marshall* sebesar 18,62%, stabilitas dinamis sebesar 35,88 %, dan kuat tarik tak langsung (*ITS*) sebesar 20,14 %. Penambahan *Rediset LQ-1106* juga meningkatkan nilai *MQ*

yang signifikan, sedangkan nilai *flow*, *VIM*, *VFMA*, *VMA*, dan *density* tidak berubah secara signifikan. Bahan tambah *Rediset LQ-1106* juga dapat meningkatkan durabilitas.

Daftar pustaka

- AkzoNobel. (2011). “*Product Datasheet Asphalt Applications*”, Netherlands.
- AkzoNobel. (2012). “*Rediset LQ Liquid Warm-Mix System*”, Netherlands.
- AkzoNobel. (2015). “*Superior Warm-Mix Additives for Exceptional Coating, Compaction, and Moisture Resistance*”, Netherlands.
- Australian Asphalt Pavement Association. (2004). “*National Asphalt Specification*”.
- Cetin, A. (2013). “Effects of Crumb Rubber Size and Concentration on Performance of Porous Asphalt Mixtures”, *International Journal of Polymer Science*, 789612, 1-10.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). “*Spesifikasi Umum 2018*”, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Djakfar, L., H. Bowoputro dan Y. Zaika (2013). “Evaluation of the Use of Steel Slag and Pyrophyllite Materials in the Porous Asphaltmix”, *Journal of Scientific*, 18, 11, 1524-1529.
- Hamzah, M., B. Golchin dan C. T. Tye optimum binder content of warm mix asphalt incorporating rediset using response surface method”, *Construction and Building Materials*, 47, 1328–1336.
- Hamzah, M., B. Golchin, A. Jamshidi dan E. Chailleux (2015). “Evaluation of Rediset For Use in Warm-Mix Asphalt: A Review of The Literatures”, *International Journal of Pavement Engineering*, 1072954, 37-41.
- Leng, Z., A. Gamez dan I. Al-Qadi (2014). “Mechanical Property Characterization of Warm-Mix Asphalt Prepared with Chemical Additives”, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 26, 304-311.
- Masri, K. A., H. Awang, R. P. Jaya, M. I. Ali, N. I. Ramli, dan A. K. Arshad (2019). “Moisture Susceptibility of Porous Asphalt Mixture with Nano Silica Modified Asphalt Binder”, *National Colloquium on Wind & Earthquake Engineering*, 244, 012028, 1-6.
- Standar Nasional Indonesia. (2003). “*RSNI M-01-2003, Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*”, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (2015). “*SNI 6753 : 2015, Cara Uji Ketahanan Campuran Beraspal Panas Terhadap Kerusakan Akibat Rendaman*”, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Vahora, S. I dan C. B. Mishra (2017). “Investigating the Performance of Warm Mix Additives”, *International Journal of Current Engineering and Technology*, 7, 3, 1-5.
- Widyastuti, S., A. Setyawan dan A. Sumarsono (2013). “Desain Aspal Porus Menggunakan Gravel Bergradasi Seragam yang Ramah Lingkungan”. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 192-198.
- Zhang, J., G. D. Airey, J. Grenfell dan Z. Yao (2017). “Laboratory Evaluation of Rediset Modified Bitumen Based on Rheology and Adhesion Properties”, *Construction Build*, 152, 683–692.
- Zhang, J., P. Li, C. Sun, M. Liang, Y. Li, Z. Yao dan X. Zhang (2019). “Effects of Composite Warm Mix Additive (CAR) on the Physical and Rheological Performance of Bitumen and the Pavement Performance of Its Concrete”, *Materials*, 12, 1-16.