

SIFAT FISIKA ASPAL MODIFIKASI KARET ALAM PADA BERBAGAI JENIS DAN DOSIS LATEKS KARET ALAM

Physical Properties of Natural Rubber Modified Asphalt at Various Type and Dosage of Natural Rubber Latex

Henry PRASTANTO^{1*}, Yusef FIRDAUS², Santi PUSPITASARI¹,
Arief RAMADHAN¹, dan Asron Ferdian FALAAH¹

¹Pusat Penelitian Karet
Jalan Salak Nomor 1 Bogor 16151 Jawa Barat
*Email : hprastanto@yahoo.com

²Balai Bahan dan Perkerasan Jalan, Puslitbang Jalan dan Jembatan
Jalan AH Nasution Nomor 264 Ujung Berung Bandung 40294 Jawa Barat

Diterima : 26 April 2018 / Disetujui : 28 Mei 2018

Abstract

Biopolymer natural rubber latex is highly potential to be used as additive in rubberized asphalt production. This research was aimed to study the effect of various types and dosages of natural rubber latex to physical properties of rubberized asphalt. The natural rubber latex were used consists of pure latex, cationic latex, and prevulcanized latex at 1 and 4 hours. Asphalt pen 60 was also selected as main material. The determination of rubberized asphalt quality was based on penetration, softening point, ductility, penetration index, TFOT, and elastic recovery test. The mixing of asphalt pen 60 and latex was conducted at 140-150°C. The dosage of latex addition was varied at 3, 5, and 7% (to asphalt pen 60 weight). The result showed that cationic latex (L2) and 4 hours prevulcanized latex (L3) produced a better quality of rubberized asphalt compared to pure natural rubber latex (L1) and 1 hour prevulcanized latex (L4). Cationic latex (L2) gave higher softening point on rubberized asphalt, however it has lower elastic recovery and storage stability than 4 hours prevulcanized latex (L3) since the cationic latex (L2) was not prevulcanized. The presence of crosslink on 4 hours prevulcanized latex (L3) caused the rubberized asphalt had high elastic recovery and better storage stability.

Keywords: Latex; natural rubber; physical properties; rubberized asphalt

Abstrak

Biopolimer lateks karet alam berpotensi digunakan sebagai bahan aditif dalam pembuatan aspal modifikasi polimer atau aspal karet. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh berbagai jenis dan dosis lateks karet alam terhadap sifat fisika aspal karet. Lateks karet alam yang digunakan meliputi lateks karet alam pekat murni, lateks karet alam kationik, dan lateks karet alam yang telah dipravulkanisasi selama 1 dan 4 jam. Aspal sebagai bahan utama dipilih jenis aspal pen 60. Penilaian mutu aspal karet didasarkan pada hasil pengujian penetrasi, titik lembek, daktilitas, indeks penetrasi, uji TFOT, dan *elastic recovery*. Pencampuran lateks karet alam dalam aspal pen 60 dilakukan pada suhu 140 – 150°C. Dosis penambahan lateks karet alam divariasikan sebesar 3, 5 dan 7% terhadap berat aspal pen 60. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa lateks kationik (L2) dan lateks pravulkanisasi 4 jam (L3) menghasilkan aspal karet yang lebih baik daripada aspal karet dengan aditif lateks pekat biasa (L1) dan lateks pekat pravulkanisasi 1 jam (L4). Lateks L2 menghasilkan aspal karet dengan titik lembek yang lebih tinggi daripada lateks L3 namun memiliki *elastic recovery* dan stabilitas penyimpanan yang lebih rendah daripada lateks L3 karena lateks L2 tidak melalui proses pravulkanisasi. Adanya ikatan silang pada lateks pravulkanisasi L3 membuat karet pada campuran aspal karet

memiliki elastisitas yang lebih tinggi dan stabilitas penyimpanan yang lebih baik.

Kata kunci : Aspal karet; karet alam; lateks; sifat fisika

PENDAHULUAN

Pemanfaatan produk karet alam sebagai material pendukung dalam pembangunan infrastruktur nasional telah menjadi prioritas pemerintah. Langkah ini dipercaya sebagai salah satu solusi untuk meningkatkan konsumsi domestik sekaligus kembali mengangkat harga karet alam di pasar internasional. Aspal modifikasi polimer (*Polymer Modified Asphalt*, PMA) berbasis karet alam atau aspal karet merupakan salah satu produk karet alam yang sangat menjanjikan untuk dapat merealisasikan target pemerintah tersebut. Implementasi teknologi aspal karet di dalam negeri diperkirakan mampu mengkonsumsi 60 ribu ton karet alam. Aspal karet memiliki keunggulan dibandingkan aspal murni dalam hal ketahanan terhadap deformasi (alur/cekungan) pada arah memanjang di permukaan jalan sekitar jejak roda kendaraan akibat beban lalu lintas yang berat, pengelupasan lapisan aspal dengan agregat, serta ketahanan terhadap retakan jalan akibat perubahan suhu lingkungan (Shafii *et al.*, 2011; Mashaan *et al.*, 2013; Shaffie *et al.*, 2015).

Aspal karet diperoleh dari pencampuran material karet pada konsentrasi tertentu dalam aspal (Al-Ani, 2009). Jenis karet yang ditambahkan meliputi karet sintetik (*styrene butadiene rubber*, SBR) dan karet termoplastik (*styrene butadiene styrene*, SBS dan *ethylene vinyl acetate*, EVA) bahkan dalam bentuk serbuk ban bekas (*scrap rubber*). Bahan aditif tersebut hanya dapat digunakan untuk aspal panas. Oleh karena itu, negara produsen karet alam seperti Indonesia mulai mengembangkan jenis aditif aspal karet berbasis lateks karet alam yang dapat diaplikasikan baik untuk aspal panas maupun aspal emulsi (Malithong & Thongpin, 2010; Wen *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2017).

Lateks karet alam segar yang diperoleh dari hasil eksploitasi pohon *Hevea brasiliensis* merupakan koloid berwarna putih yang tersusun atas biopolimer rantai panjang cis-1,4 poliisoprena dan beberapa komponen non poliisoprena seperti protein, lemak, dan karbohidrat (Guidelli *et al.*, 2011; Salomez *et al.*, 2014). Namun lateks karet alam segar tidak dapat langsung diaplikasikan sebagai aditif aspal karet karena tingginya kandungan air dalam lateks karet alam segar tersebut akan mempersulit pencampurannya terutama dalam aspal panas yang menyebabkan timbulnya percikan dan sifatnya yang tidak stabil cenderung akan menyebabkan timbulnya agglomerasi partikel karet dalam aspal. Penurunan kadar air dalam lateks karet alam melalui teknik sentrifugasi dan penambahan zat amoniak untuk meningkatkan kestabilan sistem koloid lateks karet alam segar menjadi lateks karet alam pekat kadar amoniak tinggi dinilai dapat meminimalisir risiko kegagalan pencampurannya pada aspal panas saat produksi aspal karet. Selain itu dengan menggunakan lateks karet alam pekat yang telah dimodifikasi diharapkan dapat semakin meningkatkan mutu aspal karet terutama sifat stabilitas panas.

Riset ini mempelajari pengaruh penambahan berbagai jenis lateks karet alam pekat ke dalam aspal panas penetrasi (pen) 60 terhadap sifat fisik aspal karet. Lateks karet alam pekat yang diujicobakan meliputi lateks karet alam pekat murni dan lateks karet alam pekat yang telah dimodifikasi secara kimiawi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian telah dilaksanakan di Pabrik Percobaan dan Laboratorium Penguji Pusat Penelitian Karet untuk kegiatan persiapan dan pengujian bahan karet alam dan Pusat Penelitian Pengembangan Jalan dan Jembatan untuk kegiatan pembuatan dan pengujian aspal karet. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah lateks karet alam pekat yang diperoleh dari Koperasi Karyawan INIRO Bogor, aspal panas Pen 60 diproduksi oleh PT. Pertamina (Persero) serta surfaktan anionik (sodium

lauril sulfat) dan nonionik (polieksilena lauril eter) didapatkan dari PT. KAO Indonesia. Selanjutnya digunakan juga bahan kimia kompon lateks meliputi bahan antioksidasi (ionol), bahan pengaktif (ZnO), bahan pencepat (ZDEC dan ZMBT), bahan pemvulkanisasi (sulfur) serta bahan bantu olah dispersi (tamol dan bentonit) kompon lateks yang seluruhnya diperoleh dari supplier lokal PT. Multi Citra Chemindo Nusa pada spesifikasi teknis. Asam kuat untuk lateks kationik menggunakan jenis asam klorida (HCl) 35% dari CV. Setia Guna Bogor. Sementara alat yang digunakan meliputi reaktor pravulkanisasi, *mixer* aspal karet, serta peralatan gelas laboratorium.

Prosedur dalam penelitian terbagi menjadi tiga tahapan yaitu karakterisasi lateks karet alam pekat (sesuai ASTM D1076) dan aspal pen 60 (sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga), persiapan lateks karet alam sebagai bahan aditif aspal modifikasi polimer dilanjutkan dengan pembuatan dan pengujian aspal modifikasi polimer berbasis aspal panas dan lateks karet alam. Lateks karet alam yang dipersiapkan sebagai bahan aditif meliputi lateks karet alam pekat murni (lateks murni, L1), lateks karet alam asam (lateks kationik, L2), dan lateks karet alam pravulkanisasi (lateks pravul).

Lateks murni merupakan lateks karet alam pekat kadar amoniak tinggi yang langsung diperoleh dari produsen lateks pekat tanpa mendapatkan perlakuan awal. Sedangkan lateks kationik adalah lateks pekat yang telah dikurangi kadar amoniak dengan penambahan asam kuat, dan lateks pravul adalah lateks pekat yang telah dimodifikasi dengan penambahan bahan pemvulkanisasi sehingga terbentuk ikatan silang antara molekul karet dalam lateks tersebut. Lateks kationik dipersiapkan dengan menambahkan surfaktan diikuti dengan asam kuat pekat ke dalam lateks karet alam pekat hingga pH lateks menjadi sebesar 3 dan kadar amoniaknya berkurang. Selanjutnya

lateks pravul dibuat dengan cara mencampurkan bahan kimia dispersi kompon karet yang terdiri dari dispersi campuran (bahan pengaktif + bahan pencepat + bahan antioksidasi) dan dispersi sulfur ke dalam lateks karet alam pekat murni yang telah distabilkan dengan penambahan surfaktan pada suhu ruang. Campuran lateks dan bahan aditifnya kemudian dipanaskan pada suhu 70°C selama 4 jam (L3) dan 1 jam (L4).

Tahap ketiga yaitu pencampuran lateks karet alam pada konsentrasi 5% dengan aspal panas diawali dengan memanaskan aspal panas hingga suhu 140°C. Ketika telah tercapai suhu 140°C, ke dalam aspal panas yang telah mencair ditambahkan lateks karet alam sedikit demi sedikit sekaligus diaduk agar terbentuk campuran aspal modifikasi polimer (aspal karet) yang homogen. Selanjutnya campuran aspal karet dipindahkan ke dalam *mixer* aspal karet dengan terus dilakukan pengadukan pada suhu 150°C selama 15 menit. Dalam *mixer* ini, pengadukan diperkuat dengan penggunaan *blender* pemotong berlubang kecil untuk menjamin homogenitas aspal karet. Lebih lanjut pada tahap ini juga diujicobakan variasi dosis penambahan lateks karet alam dalam aspal pen 60 sebesar 3% dan 7% terhadap bobot aspal pen 60 murni. Aspal karet yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi sifat fisika meliputi parameter penetrasi (SNI 2456:2011), titik lembek (SNI 2434:2011), daktilitas (SNI 2432:2011), kehilangan berat dengan TFOT (SNI 06-2440-1991), penetrasi setelah kehilangan berat (SNI 2456:2011), titik lembek setelah kehilangan berat (SNI 2434:2011), daktilitas setelah kehilangan berat (SNI 2432:2011), keelastisan setelah pengembalian (AASHTO T 301-98), dan stabilitas penyimpanan (perbedaan titik lembek) (ASTM D5976 part 6.1). Secara terperinci kode sampel aspal karet berbasis lateks karet alam dan aspal pen 60 diuraikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rincian kode sampel aspal karet berbasis lateks pravulkanisasi
 Table 1. Sample code details of rubberized asphalt based on prevulcanized latex

No	Kode Code	Jenis lateks karet alam <i>Natural rubber latex type</i>	Dosis <i>Dosage</i> (%)
1	A	Lateks karet alam pekat murni (L1)	3
2	B	Lateks karet alam pekat murni (L1)	5
3	C	Lateks karet alam pekat murni (L1)	7
4	D	Lateks karet alam kationik (L2)	3
5	E	Lateks karet alam kationik (L2)	5
6	F	Lateks karet alam kationik (L2)	7
7	G	Lateks karet alam pravulkanisasi 4 jam (L3)	3
8	H	Lateks karet alam pravulkanisasi 4 jam (L3)	5
9	I	Lateks karet alam pravulkanisasi 4 jam (L3)	7
10	J	Lateks karet alam pravulkanisasi 1 jam (L4)	3
11	K	Lateks karet alam pravulkanisasi 1 jam (L4)	5
12	L	Lateks karet alam pravulkanisasi 1 jam (L4)	7

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Bahan Baku Lateks Karet Alam Pekat dan Aspal Pen 60

Kualitas bahan baku lateks karet alam pekat dan aspal pen 60 akan berpengaruh terhadap mutu aspal karet. Bahan baku yang berkualitas tinggi diharapkan akan dapat menghasilkan aspal karet yang mampu memenuhi syarat ideal aspal karet yaitu kekakuan tinggi pada suhu tinggi sehingga dapat memperkecil deformasi, kekakuan yang rendah pada suhu rendah untuk meminimalisir timbulnya retakan pada permukaan jalan serta dapat meningkatkan rekatan antara aspal dengan agregat sehingga permukaan jalan tidak mudah mengelupas (Al-Mansob *et al.*, 2016). Kualitas standar lateks karet alam pekat mengacu pada ASTM D1076,

sedangkan kualitas aspal pen 60 yang digunakan di Indonesia mengikuti Standar Umum Bina Marga. Tabel 2 memperlihatkan hasil pengujian mutu aspal karet pen 60 murni dan Tabel 3 merangkum karakteristik lateks karet alam pekat murni.

Aspal pen 60 merupakan jenis aspal keras selain aspal pen 80 yang banyak digunakan di Indonesia untuk pembentuk lapisan perkerasan jalan. Aspal pen 60 sesuai diaplikasikan pada kondisi beban lalu lintas yang berat dan cuaca di wilayah tropis yang cenderung panas (Mashaan *et al.*, 2013). Faktor inilah yang mendasari pemilihan aspal pen 60 dalam pembuatan aspal karet berbasis lateks karet alam. Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa aspal pen 60 yang digunakan dalam riset memenuhi syarat mutu aspal keras sesuai Standar Umum Bina Marga sehingga sesuai

Tabel 2. Sifat fisik aspal pen 60
 Table 2. Physical properties of asphalt pen 60

No	Parameter <i>Parameters</i>	Standar mutu <i>Quality standard</i>	Hasil pengujian <i>Test result</i>
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	60 – 70	63
2	Viskositas kinematik 135°C, (cSt)	Min 300	408
3	Titik lembek, (°C)	Min 48	49,2
4	Daktilitas pada 25°C, (cm)	Min 100	=140
5	Titik nyala, (°C)	Min 232	324
6	Kehilangan berat, (%)	Maks 0,8	0,0292
7	Penetrasi setelah kehilangan berat (0,1 mm)	Min 54	81,0
8	Titik lembek setelah kehilangan berat (°C)		51,6
9	Daktilitas setelah kehilangan berat (cm)	Min 100	=100

Tabel 3. Karakteristik bahan baku lateks karet alam pekat murni
 Table 3. Characteristic of pure natural rubber latex concentrate as raw material

Parameter Parameters	Standar mutu Quality standard	Lateks karet alam pekat murni Pure natural rubber latex concentrate
Kadar karet kering, K3, (%)	Min 59,8	60,5
Kadar jumlah padatan, KJP, (%)	Min 61,3	61,5
Kadar bahan non karet, KJP-K3, (%)	Maks 2	1,0
Kadar alkalinitas NH ₃ , (%)	Min 0,60	0,76
Bilangan KOH	Maks 0,8	0,65
Waktu kemantapan mekanik, WKM, (detik)	Min 650	650

diaplikasikan dalam pembuatan aspal karet berbasis campuran lateks karet alam dan aspal panas. Parameter utama penentu kualitas aspal meliputi penetrasi yang menunjukkan tingkat kekerasan aspal, daktilitas yang mengindikasikan ketahanan aspal terhadap retak dalam fungsinya sebagai lapisan perkerasan, titik lembek memperlihatkan besarnya suhu saat aspal mencapai derajat kelembekkan atau mulai meleleh, dan titik nyala yaitu suhu pada saat tampak nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal. Ketiga parameter utama tersebut dapat digunakan untuk memprediksi ketahanan pengusangan (*ageing resistance*) aspal (Cong *et al.*, 2010; Shafii *et al.*, 2011; Yin *et al.*, 2013; Sheng *et al.*, 2017).

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa lateks karet alam pekat murni yang akan digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan bahan aditif aspal karet yaitu lateks pravulkanisasi dan lateks kationik berkualitas baik karena mampu memenuhi spesifikasi mutu sesuai persyaratan ASTM D1076. Kadar karet kering menggambarkan kandungan partikel karet sedangkan kadar jumlah padatan menunjukkan total jumlah karet dan bahan non karet yang terdispersi dalam koloid lateks. Lateks dinilai berkualitas baik apabila memiliki kadar karet kering tinggi namun kadar bahan non karet yang rendah. Lateks tersebut banyak mengandung partikel karet alam poliisoprena namun hanya sedikit mengandung impurities.

Parameter kadar alkalinitas, bilangan KOH, dan waktu kemantapan mekanik berkaitan dengan kestabilan lateks. Dengan parameter kestabilan yang memenuhi syarat maka koloid lateks karet alam pekat akan tetap stabil dalam fasa cair dan tidak mudah mengalami koagulasi ketika dimodifikasi secara kimiawi. Lateks yang tidak stabil cenderung mudah terkoagulasi akibatnya tidak dapat dimodifikasi karena zat pemodifikasi tidak akan mampu menembus dan berinteraksi dengan partikel karet alam. Dengan demikian lateks karet alam pekat murni ini dinilai dapat berfungsi dengan optimal sebagai bahan baku dalam pembuatan lateks kationik dan lateks pravulkanisasi untuk aditif aspal karet berbasis aspal pen 60.

Dalam riset ini tidak dilakukan pengujian dengan parameter lengkap terhadap mutu lateks karet alam kationik (L2) dan lateks pravulkanisasi (L3 dan L4) seperti pada lateks karet alam murni, dikarenakan belum terdapatnya standar mutu lateks karet alam modifikasi yang akan digunakan sebagai bahan aditif aspal karet. Pengujian mutu lateks karet alam kationik dan pravulkanisasi hanya meliputi kadar karet kering. Dalam pembuatan aspal karet, parameter kadar karet kering (K3) menjadi basis perhitungan bobot lateks yang akan ditambahkan ke dalam aspal pen 60. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh K3 latek kationik (L2), lateks pravulkanisasi L3 dan L4 masing-masing sebesar 49,58%, 50,71% dan 49,56%.

Dari data tersebut terlihat bahwa, K3 lateks kationik L2 sebanding dengan lateks pravulkanisasi L4 yang disebabkan oleh jumlah komposisi bahan pemodifikasi yang ditambahkan ke dalam lateks murni saat pembuatan kedua jenis lateks tersebut hampir sama. Bahan pemodifikasi pada lateks kationik mencakup larutan surfaktan dan asam kuat pekat, sementara lateks pravulkanisasi meliputi dispersi bahan kimia kompon karet dan larutan surfaktan. Baik dalam larutan surfaktan maupun dispersi bahan kimia kompon karet banyak mengandung air yang dapat menyebabkan berkurangnya K3 lateks hasil modifikasi (sebesar 49,5%) dibandingkan lateks murni (sebesar 60,5%). Selanjutnya pada lateks pravul 4 jam (L3) dan 1 jam (L4), terlihat peningkatan nilai K3 yang cukup tajam pada L3 daripada L4. Waktu pravulkanisasi yang lama menyebabkan semakin banyak bahan non karet terutama air dalam lateks pravulkanisasi yang mengalami penguapan yang kemudian diikuti dengan naiknya nilai K3 pada lateks L3.

Sifat Fisika Aspal Karet Dengan Penambahan Berbagai Jenis Lateks Karet Alam

Sifat fisik aspal karet yang diperoleh dari hasil penambahan 5% berbagai jenis lateks karet alam dalam aspal pen 60 dirangkum dalam Tabel 4. Tabel 4 menginformasikan bahwa penambahan 5% lateks karet alam menurunkan angka

penetrasi aspal namun meningkatkan nilai titik lembek. Berkurangnya penetrasi yang diikuti dengan meningkatnya titik lembek berarti bahwa aspal karet menjadi semakin keras, kental serta tahan terhadap perubahan suhu dibandingkan dengan aspal pen 60 murni (Liu, 2013; Albrka, 2018). Perubahan sifat aspal pen 60 ini disebabkan oleh meningkatnya elastisitas aspal karet karena adanya kandungan partikel karet dalam lateks yang juga terdistribusi dalam aspal pen 60. Aspal karet dengan sifat penetrasi rendah dan titik lembek yang tinggi sesuai digunakan untuk pembentuk lapisan perkerasan jalan di wilayah dengan suhu lingkungan yang cenderung panas (Kishore & Gottala, 2015).

Daktilitas aspal sangat ditentukan oleh komposisi kimiawi (senyawa hidrokarbon) penyusun aspal tersebut termasuk bahan aditifnya (Mandeel, 2012). Adanya partikel karet yang menyebabkan meningkatnya keelastisan aspal, justru mengakibatkan aspal karet memiliki nilai daktilitas yang cenderung lebih rendah kecuali aspal karet yang terbuat dari campuran aspal pen 60 dengan lateks L1. Daktilitas menggambarkan sifat plastis dari aspal, oleh karena itu adanya komponen yang bersifat elastis menurunkan daktilitas dari aspal tersebut (Sheng *et al.*, 2017). Dari keempat jenis lateks karet alam yang digunakan sebagai bahan aditif aspal karet, lateks L3 dan L4 memiliki sifat elastis tertinggi karena dalam lateks tersebut antar partikel karet telah saling membentuk

Tabel 4. Sifat fisik aspal karet berbasis 5% lateks karet alam dan aspal pen 60
 Table 4. *Physical properties of rubberized asphalt based on 5% natural rubber latex and asphalt pen 60*

Parameter <i>Parameters</i>	Aspal murni <i>Pure asphalt</i>	Kode sampel lateks <i>Latex sample code</i>			
		B	E	H	K
Penetrasi, (mm)	63	58	59	60	56
Daktilitas, (cm)	140	>140	140	39	43
Titik lembek, (°C)	49,2	54,2	54,25	52,2	51,7
Indeks penetrasi	-0,86	0,14	0,23	-0,21	-0,51
Kehilangan berat dengan TFOT, (% asli)	0,0223	0,0165	0,0245	0,0456	0,0535
Penetrasi setelah TFOT, (% asli)	81,1	92,8	83,8	86,4	95,0
Titik lembek setelah TFOT, (°C)	51,6	54,3	53,6	52,7	52,2
Daktilitas setelah TFOT, (cm)	>140	>140	>140	>140	51
Keelastisan setelah pengembalian, (%)	-	29,5	31,3	34,5	30

ikatan silang melalui mekanisme pravulkanisasi. Selain itu, akibat pembentukan ikatan silang maka ukuran partikel karet alam dalam L3 dan L4 menjadi besar. Peningkatan ukuran partikel karet alam turut berkontribusi terhadap penurunan nilai daktilitas aspal karet (Zhang *et al.*, 2011; Gao & Huang, 2013). Lateks pravulkanisasi selama 4 jam (L3) memiliki tingkat elastisitas yang terbaik dibanding jenis lateks karet alam yang lain, karena melalui mekanisme pravulkanisasi telah terbentuk ikatan silang antar molekul karet. Ikatan silang tersebut tidak terjadi pada lateks karet alam pekat (L1) dan lateks kationik (L2), dan belum terbentuk sempurna pada lateks pravulkanisasi 1 jam (L4) (Malithong & Thongpin, 2010).

Seperti pada parameter titik lembek, indeks penetrasi aspal karet turut meningkat akibat penambahan lateks karet alam. Indeks penetrasi mencerminkan ketahanan aspal terhadap perubahan suhu atau sensitivitas aspal terhadap panas (Erkus *et al.*, 2017; Remisova & Holy, 2017). Peningkatan nilai indeks penetrasi terbesar diperoleh dari pencampuran lateks kationik L2 dalam aspal pen 60. Aspal karet tersebut memiliki ketahanan terhadap perubahan suhu yang baik dibandingkan aspal karet lainnya. Keberadaan kandungan senyawa sulfur yang tinggi dalam lateks kationik yang berasal dari penambahan surfaktan SLS berperan dalam meningkatkan ketahanan aspal terhadap oksidasi. Senyawa sulfur dapat berfungsi sebagai *radical scavenger* (Owaid, 2014). Peningkatan titik lembek dan indeks penetrasi bersamaan dengan menurunnya penetrasi dan daktilitas secara simultan merupakan indikasi terjadinya pengerasan aspal.

Thin Film Oven Test (TFOT) bertujuan untuk mengetahui kehilangan minyak dan bahan mudah menguap lainnya dalam aspal karet akibat pemanasan berulang sekaligus perubahan kinerja aspal akibat kehilangan berat. Kehilangan berat terbesar terlihat dari penambahan lateks pravul L3 dan L4. Dalam kedua jenis lateks tersebut, banyak mengandung bahan mudah menguap (utamanya air) yang berasal dari bahan dispersi kompon lateks yang digunakan saat pembuatan lateks pravulkanisasi. Air dalam campuran aspal karet akan mengalami

penguapan ketika aspal karet dipanaskan pada suhu 140°C saat pengujian TFOT. Aspal karet dengan penambahan lateks kationik L2 memiliki sifat fisik (penetrasi, titik lembek, dan daktilitas) yang relatif paling baik diantara jenis lateks karet alam yang lain. Dalam lateks kationik L2, terdapat surfaktan dosis tinggi. Surfaktan inilah yang diperkirakan berperan dalam mempertahankan sifat fisik aspal karet selama kondisi pemanasan berulang.

Pada pengujian keelastisan setelah pengembalian (*elastic recovery*) terlihat bahwa lateks pravul L3 memberikan pengaruh *elastic recovery* yang tertinggi untuk aspal karet berbasis lateks karet alam. Aspal karet ini memiliki daya kohesi yang tinggi sehingga memiliki kemampuan lentur yang baik, dapat meminimalisir terjadinya retak permukaan karena pergerakan tanah dasar, serta mampu menahan beban lalu lintas yang berat. Kemampuan lentur yang mumpuni sebagai akibat dari adanya partikel karet yang saling berikatan silang dalam aspal karet berbasis lateks pravul L3.

Sifat Fisika Aspal Karet Dengan Penambahan Berbagai Jenis dan Dosis Lateks Karet Alam

Peningkatan dosis lateks karet alam mempengaruhi tingkat kekerasan aspal yang diindikasikan dengan penurunan nilai penetrasi (Tabel 5). Dengan kadar partikel karet yang semakin banyak dalam campuran aspal karet maka akan semakin banyak partikel karet yang memenuhi ruang-ruang antar partikel aspal. Pada saat proses pencampuran, jarak antar partikel aspal menjadi renggang disebabkan oleh adanya pemanasan. Pada saat partikel aspal menjadi renggang, partikel karet alam akan masuk ke dalam ruang-ruang antara partikel aspal dan menyerap minyak yang terkandung dalam aspal sehingga karet alam mengembang. Partikel karet tersebut mengisi ruang-ruang diantara partikel aspal sehingga aspal karet yang dihasilkan menjadi lebih padat dan keras. Sifat aspal karet yang menjadi lebih padat dan keras juga diikuti dengan peningkatan nilai titik lembek serta indeks penetrasi. Seiring penambahan dosis lateks, diikuti dengan penurunan daktilitas. Sifat ini sesuai

Tabel 5. Penambahan berbagai jenis dan dosis lateks karet alam terhadap sifat fisik aspal karet

Table 5. Effect of various types and dosages of natural rubber latex addition on physical properties of rubberized asphalt

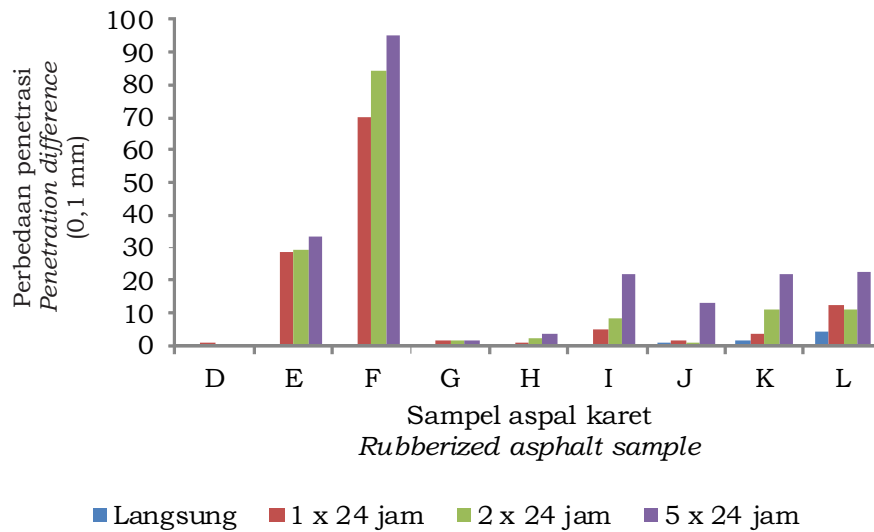
Parameter Parameters	Kode sampel lateks Latex sample code							
	A	C	D	F	G	I	J	L
Penetrasi, (mm)	61	51	62	56	61	52	61	51
Daktilitas, (cm)	>140	119	140	140	48	41	49	29
Titik lembek, (°C)	52,6	57,4	51,6	57,85	51,1	52,5	50,4	52,5
Indeks penetrasi	-0,08	0,55	-0,29	0,89	-0,46	-0,52	-0,63	-0,54
Kehilangan berat dengan TFOT, (% asli)	0,0073	0,0160	0,0485	0,0132	0,0195	0,0113	0,0211	0,0565
Penetrasi setelah TFOT, (% asli)	86,2	91,8	81,7	86,3	86,9	88,0	84,9	108,2
Titik lembek setelah TFOT, (°C)	52,65	56,5	53,1	54,6	51,6	53,1	51,1	54,6
Daktilitas setelah TFOT, (cm)	>140	>140	>140	>140	>140	81	64	68
Keelastisan setelah pengembalian, (%)	3,0	35,0	20,0	40,0	22	55	25	40

dengan hasil penelitian Mashaan *et al.* (2011) dan Nejad *et al.* (2012) yang menemukan bahwa penurunan daktilitas merupakan akibat dari terserapnya komponen minyak dalam aspal karet oleh partikel karet alam sehingga menambah massa partikel karet alam tersebut. *Elastic recovery* yang cenderung naik tentu disebabkan karena semakin banyaknya kandungan material elastis (polimer karet alam) dalam komposisi bahan penyusun aspal karet.

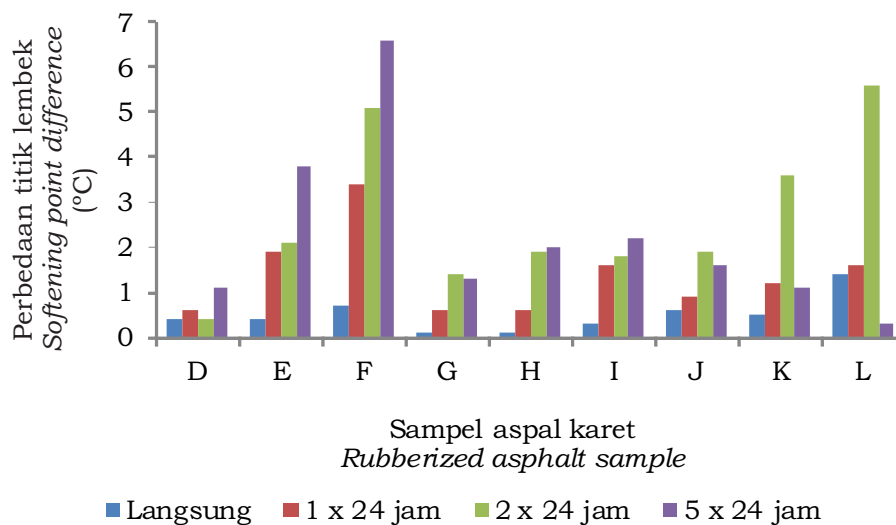
Hasil pengujian aspal karet setelah TFOT pada variasi dosis lateks karet alam yang ditambahkan ke dalam aspal pen 60 menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan nilai penetrasi dan titik lembek, kehilangan berat yang fluktuatif, serta daktilitas cenderung konstan kecuali L3 yang turun drastis. Nilai penetrasi yang direkomendasikan untuk aspal modifikasi setelah uji TFOT minimum sebesar 65%. Sedangkan selisih nilai titik lembek yang diizinkan untuk aspal modifikasi yang telah diuji TFOT adalah sebesar 1-2°C atau tidak boleh lebih dari 5°C (Altieb *et al.*, 2016). Persyaratan nilai titik lembek setelah TFOT tersebut dapat dipenuhi oleh seluruh aspal karet kecuali aspal karet dengan penambahan L2 dan L4 sebanyak 7%.

Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2 dapat diketahui bahwa aspal karet berbasis aspal pen 60 dan lateks karet alam jenis lateks kationik (L2) dan lateks pravul (L3) pada dosis 3 dan 5% terhadap bobot aspal memiliki stabilitas mutu yang relatif baik. Sifat ini dibuktikan dari perbedaan nilai penetrasi aspal kurang dari 4 poin dan titik lembek aspal karet yang lebih kecil dari 0,5°C (<2°C) (Suroso, 2008). Terdapatnya kandungan surfaktan dosis tinggi dalam L2 yang meningkatkan kompatibilitas antara campuran aspal pen 60 dengan lateks kationik L2 serta telah terjalannya ikatan silang dalam molekul karet alam yang dijumpai oleh sulfur akibat proses pravulkanisasi pada L3 turut berkontribusi terhadap kestabilan karakteristik aspal karet selama penyimpanan (*storage stability*) (Ghaly, 2008).

Pengujian stabilitas penyimpanan aspal lateks sangat penting untuk mengetahui homogenitas campuran aspal lateks dan ketahanan terhadap aspal lateks terhadap panas. Stabilitas penyimpanan yang baik menunjukkan aspal lateks tetap homogen dan tidak banyak terdegradasi yang ditandai dengan relatif seragamnya penetrasi dan titik lembek selama penyimpanan. Lateks L2 memiliki stabilitas penyimpanan yang lebih rendah karena



Gambar 1. Pengaruh penyimpanan pada 163°C terhadap penetrasi
 Figure 1. Effect of storage at 163°C on penetration



Gambar 2. Pengaruh penyimpanan pada 163°C terhadap titik lembek
 Figure 2. Effect of storage at 163°C on softening point

karet cenderung mengaupung akibat perbedaan densitas karet dan aspal serta terdegradasi akibat panas selama penyimpanan. Karet yang tidak ter Vulkanisasi lebih mudah terdegradasi akibat panas. Berbeda dengan lateks L3 dan L4 yang memiliki stabilitas penyimpanan yang lebih baik karena telah ter Vulkanisasi.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diuraikan berdasarkan uraian hasil penelitian adalah bahwa penambahan karet alam dalam aspal pen 60 dalam pembuatan aspal modifikasi polimer (aspal karet) dapat meningkatkan sifat fisik aspal yang diindikasikan dengan

bertambahnya nilai titik lembek, penurunan nilai penetrasi dan kenaikan keelastisan setelah pengembalian aspal karet. Parameter ini yang akan berpengaruh terhadap kemampuan aspal karet dalam menahan kelelahan plastis dan meningkatkan tahanan geser.

Secara umum lateks kationik L2 dan lateks pravul L3 memiliki sifat yang lebih baik daripada lateks L1 dan L4. Lateks kationik (L2) pada dosis 5% terhadap bobot aspal pen 60 adalah jenis lateks karet alam dapat digunakan sebagai bahan aditif dalam produksi aspal modifikasi polimer (aspal karet) karena meningkatkan titik lembek yang cukup baik namun hanya memiliki stabilitas penyimpanan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan Lateks Pravulkanisasi L3 sehingga dikhawatirkan aspal karet yang dihasilkan kurang homogen dan kurang tahan panas selama penyimpanan. Sedangkan Lateks jenis L3 memiliki sifat yang lebih baik dalam hal keelastisan setelah pengembalian dan stabilitas penyimpanan meskipun memiliki titik lembek yang sedikit lebih rendah daripada lateks L2. Parameter keelastisan setelah pengembalian ini sangat penting karena aspal diharapkan memiliki elastisitas yang tinggi. Stabilitas penyimpanan juga sangat penting untuk menjamin homogenitas aspal karet dan ketahanan aspal karet selama penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Ani, T.M.A. (2009). Modification of asphalt mixture performance by rubber silicone additive. *Anbar Journal of Engineering Science*, 2(1), 71-81.
- Albrka, S.I. (2018). Evaluation of the performance of asphalt binder modified with nanoparticles. *Trends in Civil Engineering and Material Science*, 1(1), 1-5.
- Al-Mansob, R.A., Ismail, A., Yusoff, N.I.M., Albrka, S.I., Azhari, C.H., & Karim, M.R. (2016). Rheological characteristic of unaged and aged epoxidized natural rubber modified asphalt. *Construction and Building Materials*, 102, 190-199. Doi : 10.1016/j.conbuildmat.2015.10.133.
- Altieb, Z.A., Aziz, M.M.A., Anuar, K., & Jibrin, H.B. (2016). A short review on using crumb rubber as modification of bitumen binder. *Jurnal Teknologi*, 78, 29-36.
- Cong, P., Chen, S., Yu, J., & Wu, S. (2010). Effects of aging on the properties of modified asphalt binder with flame retardants. *Construction and Building Materials*, 24, 2554-2558. Doi : 10.1016/j.conbuildmat.2010.05.022.
- Erkus, Y., Kok, B.V., & Yilmaz, M. (2017). Effects of graphite on rheological and conventional properties of bituminous binders. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 10, 315-321. Doi : 10.1016/j.ijprt.2017.04.003.
- Gao, G., & Huang, W. (2013). Performance analysis and research of warm asphalt rubber. *Proceedings of the 4th International Conference on Transportation Engineering* (p. 2516-2524). Chengdu, China : ASCE. Doi : 10.1061/9780784413159.366.
- Ghaly, N.F. (2008). Effect of sulfur on the storage stability of tire rubber modified asphalt. *World Journal of Chemistry*, 3(2), 42-50.
- Guidelli, E.J., Ramos, A.P., Zaniquelli, M.E.D., & Baffa, O. (2011). Green synthesis of colloidal silver nanoparticles using natural rubber latex extracted from *Hevea brasiliensis*. *Spectrochimica Acta Part A*, 82, 140-145. Doi : 10.1016/j.saa.2011.07.024.

- Kishore, K.S.N., & Gottala, A. (2015). A study on effect of addition of natural rubber on the properties of bitumen & bituminous mixes. *International Journal of Science Technology & Engineering*, 2(1), 206–212.
- Liu, S. (2013). Study of physical and rheological properties of wax modified binders using classic and SHRP testing methods. *Indian Journal of Engineering & Material Science*, 20, 132–138.
- Malithong, S., & Thongpin, C. (2010). The modification of asphalt emulsion using pre-vulcanized natural rubber latex for highway application. *Advanced Material Research*, 93-94, 639 – 642. Doi : 10.4028/www.scientific.net /AMR.93-94.639.
- Mandeel, T.A.J. (2012). Viscosity and ductility improvement of natural asphalt in (Heet-Anbar) areas using industrial waste for the purpose of recycling. *Tikrit Journal of Pure Science*, 17(4), 120-128.
- Mashaan, N.S., Ali, A.H., Karim, M.R., & Abdelaziz, M. (2011). Effect of crumb rubber concentration on the physical and rheological properties of rubberised bitumen binders. *International Journal of the Physical Science*, 6(4), 684-690.
- Mashaan, N.S., Ali, A.H., Koting, S., & Karim, M.R. (2013). Performance evaluation of crumb rubber modified stone mastic asphalt pavement in Malaysia. *Advances in Material Science and Engineering*, 2013, p.8. Doi : 10.1155/2013/304676.
- Nejad, F.M., Aghajani, P., Modarres, A., & Firoozifar, H. (2012). Investigating the properties of crumb rubber modified bitumen using classic and SHRP testing methods. *Construction and Building Materials*, 26(1), 481-489. Doi : 10.1016/j.conbuildmat.2011.06.048.
- Owaid, K.A. (2014). Effect of aging on the rheological properties of the modified asphalt-rubber system using microwave technique. *European Chemical Bulletin*, 3(7), 668-671. Doi : 10.17628 /ECB.2014.3.668
- Remizova, E., & Holy, M. (2017). Changes of properties of bitumen binders by additives application. *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering* (7p.). Doi : 10.1088/1757-899X/245/3/032003.
- Salomez, M., Subileau, M., Intapun, J., Bonfils, F., Sainte-Beuve, J., Vaysse, L., & Dubreucq, E. (2014). Microorganisms in latex and natural rubber coagula of *Hevea brasiliensis* and their impact on rubber composition, structure and properties. *Journal of Applied Microbiology*, 117(4), 921 – 929. Doi : 10.1111/jam.12556.
- Shaffie, M., Ahmad, J., Arshad, A.K., Kamarun, D., & Kamaruddin, F. (2015). Stripping performance and volumetric properties evaluation of hot mix asphalt (HMA) mix design using natural rubber latex polymer modified binder (NRMB). *Proceedings of the International Civil and Infrastructure Engineering 2014* (p. 873-884). Singapore: Springer. Doi : 10.1007/978-981-287-290-6.
- Shafii, M.A., Abdul Rahman, M.Y., & Ahmad, J. (2011). Polymer modified asphalt emulsion. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, 11(6), 43 – 49.
- Sheng, Y., Li, H., Geng, J., Tian, Y., Li, Z., & Xiong, R. (2017). Production and performance of desulfurized rubber asphalt binder. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 10, 262 - 273. Doi : 10.1016/j.ijprt.2017.02.002.
- Suroso, T.W. (2008). Pengaruh penambahan plastik LDPE (Low Density Polyethylene) cara basah dan cara kering terhadap kinerja campuran beraspal. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 16(3), 208-222.
- Wang, T., Xiao, F., Amir Khanian, S., Huang, W., & Zheng, M. (2017). A review on low temperature performance of rubberized asphalt materials. *Construction and Building Materials*, 145, 483-505. Doi : 10.1016/j.conbuildmat.2017.04.031.

- Wen, Y., Wang, Y., Zhao, K., & Sumalee, A. (2015). The use of natural rubber latex as a renewable and sustainable modifier of asphalt binder. *International Journal of Pavement Engineering*, 18(6), 547 – 559. Doi : 10.1080/10298436.2015.1095913.
- Yin, J.M., Wang, S.Y., & Lu, F.R. (2013). Improving the short-term aging resistance of asphalt by addition of crumb rubber radiated by microwave and impregnated epoxidized soybean oil. *Construction and Building Materials*, 49, 712-719. Doi : 10.1016/j.conbuildmat.2013.08.067.
- Zhang, Z., Wu, Q., & Zhao, Z. (2011). Evaluation of sasobit warm mix rubber asphalt properties. *Proceedings of the 3rd International Conference on Transportation Engineering* (p. 1932-1938). Chengdu, China : ASCE.