

PENGARUH PENAMBAHAN LATEKS ALAM TERHADAP SIFAT REOLOGI ASPAL

Madi Hermadi

Pusat Penelitian dan
Pengembangan Jalan dan Jembatan
Jln. A.H. Nasution No. 264
Ujungberung, Bandung
madi.hermadi@gmail.com

Yohanes Ronny

Pusat Penelitian dan
Pengembangan Jalan dan Jembatan
Jln. A.H. Nasution No. 264
Ujungberung, Bandung
yohanes.ronny@pusjatan.pu.go.id

Abstract

One way to improve the quality of the pavement is to use polymer modified asphalt. Natural rubber is a polymer type of elastomer with a relatively cheap price. As a producer of natural rubber, Indonesia needs to look for alternative uses of natural rubber, including use as a material modification of asphalt. This study was conducted by making 4 types of modified asphalt with Natural Latex KKK 60, each with a proportion of latex added of 0 %, 1 %, 3 %, and 5 %. Furthermore, the rheological properties of modified bitumen were tested using the tool Dynamic Shear Rheometer (DSR) on fresh asphalt conditions, after short-term aging, and after long-term aging. The results showed that the addition of Natural Latex KKK 60 can improve the rheological properties of asphalt so that the asphalt becomes more elastic, more rigid, more resistant to rutting, and more resistant to cracking. However, the increase in rheological properties after short-term aging relatively is less due to the breakdown of the natural latex polymer molecule chains.

Keywords: asphalt, modified asphalt, natural latex, rheology

Abstrak

Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan adalah dengan menggunakan aspal modifikasi polimer. Karet alam merupakan polimer jenis elastomer dengan harga yang relatif murah. Sebagai produsen karet alam, Indonesia perlu mencari alternatif pemanfaatan karet alam tersebut, termasuk memanfaatkannya sebagai bahan modifikasi aspal. Penelitian ini dilakukan dengan membuat 4 jenis aspal yang dimodifikasi Lateks Alam KKK 60, yang masing-masing dengan proporsi lateks yang ditambahkan 0 %, 1 %, 3 %, dan 5 %. Selanjutnya, sifat reologi aspal yang dimodifikasi tersebut diuji dengan menggunakan alat *Dynamic Shear Rheometer* (DSR) pada kondisi aspal *fresh*, setelah penuaan jangka pendek, dan setelah penuaan jangka panjang. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan Lateks Alam KKK 60 dapat meningkatkan reologi aspal sehingga lebih elastis, lebih kaku, lebih tahan terhadap *rutting*, dan lebih tahan terhadap retak. Namun peningkatan sifat reologi setelah mengalami penuaan jangka pendek relatif lebih sedikit karena kemungkinan terjadi pemecahan rantai molekul polimer lateks alam.

Kata-kata kunci: aspal, aspal modifikasi, lateks alam, reologi

PENDAHULUAN

Pembangunan di Indonesia saat ini cukup baik yang ditunjukkan oleh mobilitas perekonomian yang kian meningkat. Namun sebagai konsekuensinya diperlukan prasarana infrastruktur, khususnya prasarana jalan, yang lebih handal. Khusus untuk prasarana jalan, dari hari ke hari beban kendaraan pada berbagai ruas jalan di Indonesia kian meningkat. Bahkan pada berbagai jalan lintas pulau, seperti di Jalan Pantai Utara Pulau Jawa (Pantura) dan Jalan Lintas Timur Pulau Sumatera (Jalintim), masuk ke dalam kategori jalan dengan beban lalu lintas yang sangat berat sehingga tidak dapat dilayani oleh perkerasan jalan

dengan beton aspal biasa (dengan bahan pengikat aspal Pen 60). Pada ruas jalan tersebut diperlukan beton aspal dengan kualitas yang lebih tinggi, seperti beton aspal dengan bahan pengikat aspal modifikasi.

Dengan kian meningkatnya teknologi bahan di bidang perkerasan jalan beraspal dan karena berbagai tuntutan di lapangan, berbagai jenis aspal modifikasi banyak ditemui di pasaran, yang satu di antaranya adalah aspal polimer atau aspal yang dimodifikasi dengan bahan tambah polimer. Dengan ditambahkan polimer, khususnya jenis elastomer, aspal akan lebih elastis dengan nilai *elastic recovery* yang tinggi sehingga menjadi lebih tahan terhadap deformasi maupun retak. Jenis elastomer yang saat ini banyak digunakan sebagai bahan *modifier* aspal adalah elastomer sintetis, seperti SBS dan SBR, karena memiliki daya tahan terhadap panas serta elastisitas yang tinggi.

Karet alam termasuk salah satu polimer jenis elastomer yang ketersediaannya cukup berlimpah di Indonesia karena merupakan salah satu komoditas unggulan hasil perkebunan dalam negeri. Saat ini harga karet alam, khususnya dalam bentuk lateks, di pasar dunia terus menurun, yang semula harganya sekitar 5 USD per kg menjadi sekitar 2 USD per kg. Sebagai produsen karet alam Indonesia perlu membuka potensi penggunaan karet alam baru, seperti lateks alam sebagai bahan tambah pada bahan pengikat aspal. Untuk maksud tersebut pada makalah ini akan disampaikan hasil penelitian mengenai pengaruh penambahan lateks alam terhadap sifat reologi aspal. Walaupun berdasarkan kajian sebelumnya ditemui bahwa kualitas aspal yang dimodifikasi lateks alam memiliki mutu yang lebih rendah daripada aspal yang dimodifikasi elastomer sintetis, penelitian ini penting sebagai langkah awal untuk mengidentifikasi perbaikan atau rekayasa yang diperlukan agar kualitas lateks alam dapat menyamai kualitas elastomer sintetis yang sudah biasa digunakan (Tuntiworawit et al., 2005)

Aspal modifikasi adalah aspal minyak standar, yang dibuat dari residu destilasi minyak bumi, yang dimodifikasi, baik dengan bahan tambah tertentu atau dengan melakukan proses tambahan tertentu agar memiliki sifat yang lebih baik sesuai dengan yang dibutuhkan. Contoh aspal modifikasi dengan menambahkan bahan tertentu pada aspal minyak standar adalah aspal dengan bahan tambah polimer, aspal dengan bahan tambah aspal alam, aspal dengan bahan tambah anti-stripping, aspal dengan bahan tambah WMA (*Warm Mix Asphalt additive*), dan aspal dengan bahan tambah kimia (anti oksidan, anti ozon, sulfur, *polyphosphoric acid*, dan *chemcrete*). Sedangkan contoh aspal modifikasi dengan proses tertentu adalah aspal *blowing* (Shell Bitumen, 2003)

Polimer yang umum digunakan untuk modifikasi aspal dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu plastomer and elastomer. Ethene-Vinyl-Acetate (EVA) dan Polyethylene (PE) adalah contoh bahan tambah polimer jenis plastomer, sedangkan Styrene-Butadien-Styrene (SBS), Styrene-Butadien-Rubbers (SBR), dan karet alam adalah contoh polimer jenis elastomer. Pada prinsipnya plastomer digunakan untuk memodifikasi aspal agar menjadi lebih kaku sedangkan elastomer digunakan, selain agar aspal menjadi lebih kaku, juga agar aspal menjadi elastis. Karena itu penggunaan plastomer dan elastomer sama-sama dapat dimaksudkan agar aspal memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap deformasi atau

rutting, namun khusus untuk elastomer juga dapat meningkatkan kelenturan sehingga aspal lebih tahan terhadap retak pada temperatur rendah.

Modifikasi aspal dengan plastomer dilakukan apabila aspal yang akan dimodifikasi terlalu lunak untuk suatu kondisi perkerasan tertentu sehingga perlu ditingkatkan kekerasannya. Peningkatan kekerasan ini biasanya akan berkontradiksi dengan kegetasan, yaitu ketahanan aspal terhadap retak. Oleh karena itu, penambahan plastomer dibatasi oleh batasan ketahanan retak aspal, baik retak lelah, retak pada temperatur rendah, atau pun retak penuaan.

Berbeda dengan plastomer, modifikasi aspal dengan elastomer umumnya tidak dibatasi oleh batasan ketahanan terhadap retak karena elastomer sekaligus meningkatkan ketahanan aspal terhadap deformasi dan juga terhadap retak. Yang menjadi batasan jumlah penggunaan elastomer pada modifikasi aspal lebih banyak pada kemudahan penanganannya dan harga. Aspal dengan kandungan elastomer yang lebih tinggi memang memiliki kualitas yang lebih tinggi namun akan lebih mahal juga saat pelaksanaan karena memerlukan temperatur pencampuran dan pemadatan yang lebih tinggi.

Lateks alam belum banyak digunakan sebagai bahan modifikasi aspal. Namun pengkajian terhadap aspal yang dimodifikasi lateks alam sudah dilakukan, misalnya oleh Robinson (2004). Hasil kajian Robinson tersebut menunjukkan bahwa penambahan lateks alam dapat meningkatkan sifat mekanik dan struktural aspal, yaitu: 1) meningkatkan kekerasan aspal sehingga lebih tahan terhadap *rutting*, 2) menurunkan kekakuan sehingga lebih tahan terhadap retak, dan 3) mengurangi kerentanan terhadap temperatur tinggi ataupun temperatur rendah di lapangan.

METODOLOGI

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, Lateks Alam yang digunakan pada studi ini adalah KKK 60 (Kadar Karet Kering 60) dengan jumlah optimum yang ditambahkan ke dalam aspal sekitar 3 % sampai dengan 4 %. Pada penelitian ini dibuat 4 variasi aspal, yaitu dengan Lateks Alam KKK 60 yang ditambahkan ke dalam aspal sebanyak 0 %, 1 %, 3 %, dan 5 % terhadap berat total. Penambahan dilakukan dengan cara memanaskan aspal sampai temperatur sekitar 110° C kemudian Lateks Alam KKK 60 ditambahkan ke aspal tersebut sedikit demi sedikit sambil diaduk sampai sebanyak yang diinginkan. Kemudian pengadukan dilanjutkan sampai terbentuk aspal karet yang homogen.

Sifat reologi masing-masing jenis aspal karet tersebut kemudian diuji pada tiga kondisi penuaan, yaitu *fresh*, setelah penuaan jangka pendek, dan setelah penuaan jangka panjang. Penuaan jangka pendek dilakukan dengan simulasi pengkondisian masing-masing aspal karet di laboratorium dengan menggunakan *Rolling Thin Film Oven Test* (RTFOT) sesuai ASTM D2872-12e1. Sedangkan penuaan jangka panjang dilakukan dengan simulasi pengkondisian terhadap masing-masing aspal karet di laboratorium dengan menggunakan *Pressure Aging Vesel* (PAV), sesuai ASTM D6521-13.

Sifat reologi aspal karet diuji dengan menggunakan alat *Dinamyc Shear Rheometer* (DSR) sesuai ASTM D7175-08. Dari pengujian tersebut diperoleh hasil beberapa sifat reologi aspal karet sebagai varian, yaitu modulus kompleks (G^*), sudut fasa (δ), modulus elastisitas (G'), modulus viskositas (G''), faktor *rutting* ($G^*/\sin[\delta]$), and faktor retak penuaan ($G^*\sin[\delta]$). Pengujian sifat reologi dilakukan pada berbagai temperatur, yaitu temperatur pengujian reologi aspal karet kondisi *fresh* dan penuaan jangka pendek adalah 46° C, 52° C, 58° C, 64° C, 70° C, dan 76° C. Sedangkan temperatur untuk kondisi penuaan jangka panjang adalah 25° C, 28° C, dan 31° C.

Evaluasi dilakukan dengan asumsi data yang diperoleh normal dan homogen karena eksperimen dilakukan di laboratorium yang kondisi lingkungannya homogen dan tingkatan variabel bebas terkontrol. Selanjutnya hubungan antara variabel bebas (kadar lateks alam KKK 60, temperatur, dan kondisi penuaan) dengan varian atau variabel terikat (G^* , δ , G' , G'' , $G^*/\sin[\delta]$, dan $G^*\sin[\delta]$) dianalisis secara statistika dengan menggunakan analisis varian (ANOVA), analisis kelinieran, dan analisis regresi.

Analisis varian dilakukan untuk mengevaluasi ada tidaknya pengaruh yang signifikan antara variabel bebas dan variabel terikat. Analisis kelinieran dilakukan untuk mengetahui bentuk hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat apakah linier atau tidak. Sedangkan analisis regresi dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien regresi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal minyak dengan sifat sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1. Sedangkan sifat Lateks Alam KKK 60 adalah sebagaimana yang telah beredar di pasaran.

Table 1 Sifat Aspal Minyak

No.	Sifat	Hasil Pengujian
1.	Penetrasi pada 25° C, 100 g, 5 sec; dmm	65
2.	Titik Lembek; ° C	49,2
3.	Titik Nyala; ° C	326
4.	Daktilitas pada 25° C, 5 cm/menit; cm	> 140
5.	Berat Jenis pada 25° C	1.033
6.	Kelarutan dalam C ₂ HCl ₃ ; %	99,7
7.	Penurunan berat (RTFOT); %	0,034
8.	Penetrasi setelah RTFOT, % Original	78,9

Keberartian Hubungan antara Variabel Bebas dengan Variabel Terikat

Analisis variant hanya dilakukan terhadap hubungan antara variabel bebas (kadar Lateks KKK 60, Temperatur dan Tingkat Penuaan) dengan variabel terikat, yaitu sifat reologi Modulus Kompleks (G^*) dan sudut fasa (δ) saja. Hasil analisis varian disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Table 2 Analisis Varian antara Variabel Bebas dengan Modulus (G^*) Kompleks Aspal

Source	db	Sum of Square	Mean Square	Significant
Kadar Lateks KKK 60	3	9.532E11	3.177E11	0,000
Temperatur Pengujian	8	5.585E11	6.981E10	0,015
Tingkat Penuaan	1	1.101E8	1.101E8	0,000
Error	530	1.540E13	2.906E10	
Total	547	5.372E13		

Table 3 Analisis Varian antara Variabel Bebas dengan Sudut Fasa (δ) Aspal

Source	db	Sum of Square	Mean Square	Significant
Kadar Lateks KKK 60	3	3519.222	1173.074	0,000
Temperatur Pengujian	8	2162.322	270.290	0,000
Tingkat Penuaan	1	2266.130	2266.130	0,000
Error	530	37152.376	70.099	
Total	547	3233142.644		

Ada dua hipotesis yang digunakan pada analisis varian, yaitu H_0 dan H_1 . H_0 menyatakan bahwa tidak ada perbedaan nilai variabel terikat akibat perbedaan variabel bebas dengan variabel terikat, sedangkan H_1 menyatakan bahwa paling sedikit ada satu nilai variabel bebas yang berbeda akibat perbedaan variabel terikat. Pada pengujian hipotesis ini digunakan taraf kepercayaan sebesar 95 %, yang H_0 ditolak jika nilai signifikan lebih kecil dari 0,05.

Hasil analisis varian yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa H_0 ditolak, yang berarti bahwa paling sedikit ada satu nilai variabel bebas yang berbeda akibat perbedaan variabel terikat. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa kadar Lateks Alam KKK 60, Temperatur Pengujian, dan Tingkatan Penuaan memiliki pengaruh terhadap nilai G^* dan aspal.

Linieritas Hubungan antara Variabel Bebas dengan Variabel Terikat

Berdasarkan hasil analisis varian terindikasikan bahwa terdapat hubungan antara semua variabel bebas dengan variabel terikat G^* dan δ . Dengan demikian otomatis terindikasi pula ada hubungan antara semua variabel bebas dengan variabel terikat lainnya, yang merupakan turunan G^* dan δ , yaitu G' , G'' , $G^*/\sin(\delta)$ dan $G^*\sin(\delta)$.

Namun demikian, untuk analisis linieritas dan regresi, variabel terikat yang dianalisis adalah G' yang mengindikasikan kekentalan aspal, G'' yang mengindikasikan elastisitas aspal, $G^*/\sin(\delta)$ yang mengindikasikan ketahanan aspal terhadap *rutting* and $G^*\sin(\delta)$ yang mengindikasikan ketahanan aspal terhadap retak penuaan.

Berdasarkan hasil analisis linieritas dapat diketahui bahwa hubungan antara variabel bebas (kadar Lateks Alam KKK 60 dan Temperatur Pengujian) dengan semua sifat reologi aspal tidak berbentuk hubungan linear. Walau demikian hubungan menjadi linier apabila nilai sifat reologi aspal diubah ke bentuk natura logaritma (\ln) sehingga diperoleh model persamaan sebagai berikut:

$$\ln Y = aX_1 + bX_2 + k \quad (1)$$

dengan:

$$Y = G', G'', G^*/\sin(\delta) \text{ atau } G^*\sin(\delta)$$

X_1 = kadar Lateks Alam KKK 60

X_2 = Temperatur Pengujian

a = koefisien X_1

b = koefisien X_2

k = konstanta

Regresi Variabel Bebas dengan Variabel Terikat untuk Aspal *Fresh*

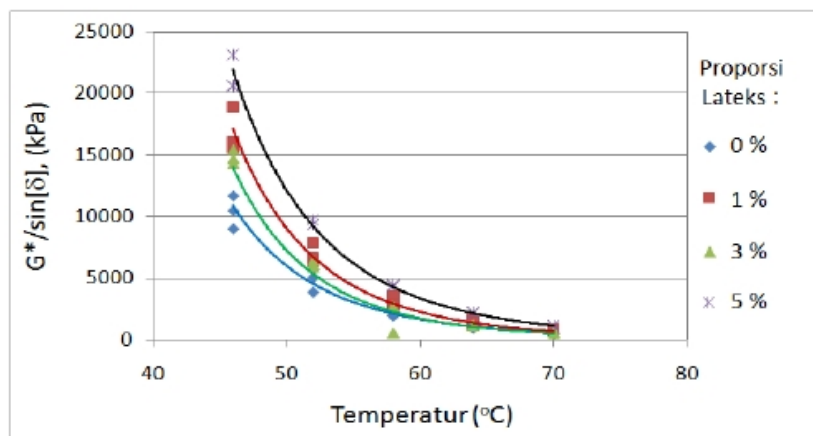
Berdasarkan model persamaan yang ditunjukkan pada persamaan (1) dilakukan analisis regresi antara variabel bebas dengan variabel terikat pada kondisi aspal *fresh* atau sehingga diperoleh koefisien regresi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4. Pada Tabel 4 terlihat bahwa semua regresi pada kondisi aspal sebelum mengalami penuaan memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) lebih besar dari 0,92.

Table 4 Nilai Koefisien Regresi pada Aspal *Fresh*

Sifat Reologi Aspal	Nilai Koefisien Regresi			
	R^2	a	b	k
Ln G'	0,922	0,546	-0,153	12,922
Ln G''	0,972	0,205	-0,120	14,363
Ln [$G^*/\sin(\delta)$]	0,956	0,238	-0,123	14,438

Catatan: a, b, dan k merujuk pada persamaan (1)

Seperti juga yang ditunjukkan pada Gambar 1, karena koefisien regresi “a” memiliki nilai positif artinya makin tinggi kadar Lateks Alam KKK 60 makin tinggi pula nilai reologi aspal, yaitu aspal semakin kental, semakin elastis, dan semakin tahan terhadap *rutting*. Koefisien regresi “b” memiliki nilai negatif, yang artinya makin tinggi temperatur makin menurun sifat reologi aspal, yang artinya aspal makin cair, makin tidak elastis, dan makin tidak tahan terhadap *rutting*.



Gambar 1 Pengaruh Penambahan Lateks Alam KKK 60 dan Temperatur terhadap Faktor Rutting ($G^*/\sin[\delta]$) Aspal Sebelum Penuaan

Regresi Variabel Bebas dengan Variabel Terikat untuk Aspal Setelah Penuaan Jangka Pendek

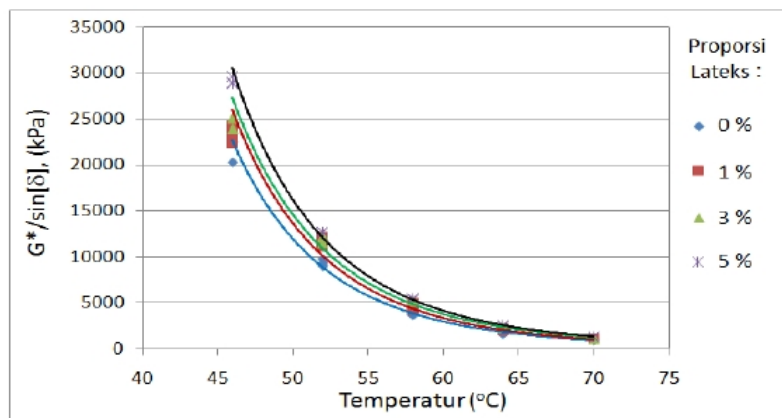
Hasil analisis regresi yang dilakukan terhadap aspal dengan kondisi setelah mengalami penuaan jangka pendek adalah sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 5. Indikasi pengaruh penambahan Lateks Alam KKK 60 terhadap sifat reologi aspal setelah mengalami penuaan jangka pendek hampir sama dengan yang diindikasikan oleh aspal yang belum mengalami penuaan. Sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 2, indikasi setelah penuaan jangka pendek, yaitu makin tinggi kadar Lateks Alam KKK 60 yang ditambahkan, semakin tinggi sifat reologi aspal. Demikian pula makin tinggi temperatur semakin rendah sifat reologi aspal tersebut karena koefisien “b” bernilai negatif.

Table 5 Nilai Koefisien Regresi pada Aspal Setelah Mengalami Penuaan Jangka Pendek

Sifat Reologi Aspal	Nilai Koefisien Regresi			
	R ²	a	b	k
Ln G'	0,971	0,272	-0,172	15,403
Ln G''	0,987	0,069	-0,127	15,604
Ln [G*/sin(δ)]	0,987	0,061	-0,128	15,639

Catatan: a, b, dan k merujuk pada persamaan (1)

Koefisien-koefisien persamaan regresi untuk kondisi aspal setelah mengalami penuaan jangka pendek ditunjukkan pada Tabel 5. Semua persamaan mempunyai koefisien determinasi lebih besar dari 0,97.

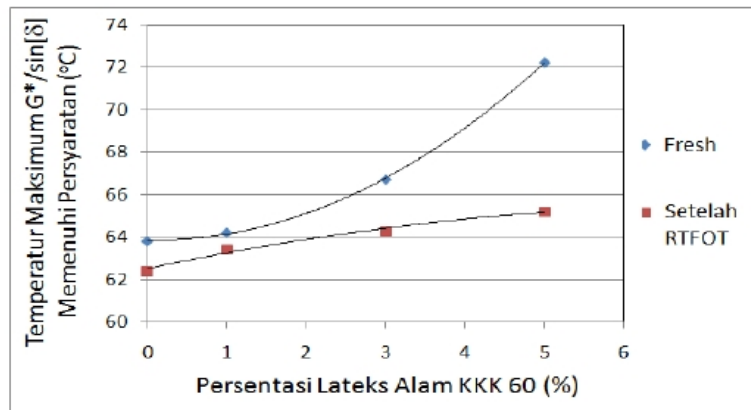


Gambar 2 Pengaruh Penambahan Lateks Alam KKK 60 dan Temperatur terhadap Faktor Rutting ($G^*/\sin[\delta]$) Aspal Setelah Penuaan Jangka Pendek

Pengaruh Penambahan Lateks Alam KKK 60 terhadap Temperatur Maksimum Kelas Kinerja Aspal

Berdasarkan kriteria pada kelas kinerja aspal (*Performance Graded*, PG) menurut *Superpave*, temperatur maksimum kelas kinerja untuk aspal *fresh* adalah temperatur pada saat aspal memiliki nilai faktor *rutting* ($G^*/\sin[\delta]$) minimum 1.000 Pa. Sedangkan untuk aspal setelah penuaan jangka pendek (RTFOT) adalah minimum 2.200 Pa. Pengaruh

penambahan lateks alam KKK 60 terhadap temperatur maksimum kelas kinerja kedua jenis kondisi penuaan aspal tersebut disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Pengaruh Penambahan Lateks Alam KKK 60 terhadap Temperatur Maksimum Kelas Kinerja Aspal

Sebagaimana yang terlihat pada Gambar 3, pada aspal *fresh* makin tinggi proporsi Lateks Alam KKK 60 yang ditambahkan, makin tinggi temperatur maksimum kelas kinerja aspal, yang berarti aspal tersebut makin tahan terhadap *rutting*. Untuk aspal setelah mengalami penuaan jangka pendek, juga tampak bahwa makin tinggi proporsi Lateks Alam KKK 60 yang ditambahkan, makin tinggi pula temperatur maksimum kelas kinerja. Namun peningkatannya tidak setinggi pada aspal *fresh* karena grafiknya tampak lebih mendatar. Dengan demikian, berdasarkan aspal setelah penuaan jangka pendek, peningkatan temperatur maksimum kelas kinerja akibat penambahan Lateks Alam KKK 60 relatif kecil. Kemungkinan penyebabnya adalah terjadinya kerusakan molekul pada polimer karet alam akibat pemanasan 163° C dan oksidasi selama proses penuaan jangka pendek sehingga rantai polimer menjadi lebih pendek dan lebih lunak.

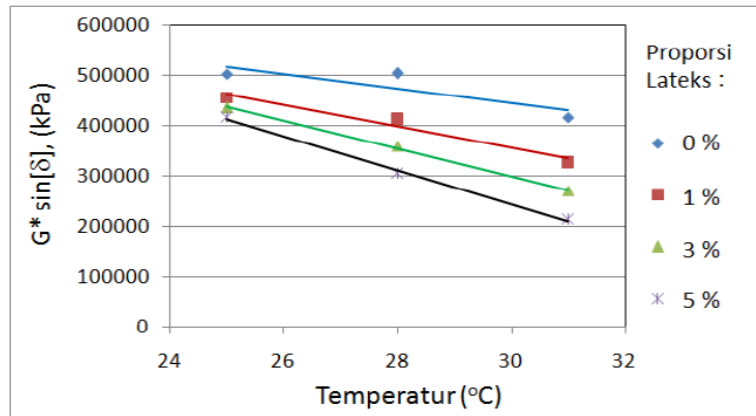
Regresi Variabel Bebas dengan Variabel Terikat untuk Aspal setelah Penuaan Jangka Panjang

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui bahwa makin tinggi Lateks Alam KKK 60 yang ditambahkan atau makin tinggi temperatur makin tahan aspal terhadap retak penuaan karena memiliki nilai faktor penuaan ($G^*\sin[\delta]$) yang makin kecil. Hasil ini dimungkinkan terjadi karena aspal menjadi makin elastis. Selain itu pada saat aspal mengalami penuaan jangka pendek terjadi pelunakan sehingga aspal menjadi lebih tidak getas.

Table 6 Nilai Koefisien Regresi pada Aspal Setelah Mengalami Penuaan Jangka Panjang

Sifat Reologi Aspal	Nilai Koefisien Regresi			
	R ²	a	b	k
Ln G'	0,827	-0,473	-0,107	15,513
Ln G''	0,811	-0,333	-0,073	14,332
Ln [G*/sin(δ)]	0,802	-0,317	-0,066	11,962

Catatan: a, b, dan k merujuk pada persamaan (1)



Gambar 4 Pengaruh Penambahan Latex Alam KKK 60 terhadap Faktor Penuaan Aspal ($G^*\sin[\delta]$) Setelah Mengalami Penuaan Jangka Panjang

KESIMPULAN DAN SARAN

Lateks Alam KKK 60 dapat digunakan sebagai bahan tambah untuk meningkatkan kualitas aspal minyak agar memiliki sifat reologi yang lebih baik, yaitu lebih elastis, lebih kaku, lebih tahan terhadap *rutting*, dan lebih tahan terhadap retak. Namun peningkatan tersebut relatif lebih sedikit pada aspal yang dimodifikasi Lateks Alam KKK 60 setelah mengalami penuaan jangka pendek jika dibandingkan dengan peningkatan pada aspal *fresh*. Kemungkinan hal ini terjadi karena adanya pemecahan molekul polimer karet pada saat proses penuaan jangka pendek. Temperatur maksimum kelas kinerja (PG) aspal yang dimodifikasi lateks Alam KKK 60 berdasarkan aspal setelah penuaan jangka pendek juga mengalami peningkatan yang relatif kecil bila dibandingkan dengan peningkatan pada aspal *fresh*. Penambahan Lateks Alam KKK 60 dapat meningkatkan ketahanan aspal terhadap retak setelah mengalami penuaan jangka panjang. Hal ini karena aspal menjadi lebih elastis serta adanya pemutusan rantai molekul polimer karet alam selama proses penuaan jangka pendek yang menyebabkan kegetasan aspal berkurang.

Agar pengaruh penambahan Lateks Alam KKK 60 dapat meningkatkan sifat reologi aspal secara maksimal disarankan adanya proses vulkanisasi terlebih dahulu terhadap Lateks Alam KKK 60 tersebut. Selain itu untuk menghindari terjadinya pemutusan rantai molekul polimer karet alam dalam aspal selama proses penuaan jangka pendek disarankan dilakukan penambahan anti oksidan, anti ozon, dan bahan sejenis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

American Society for Testing and Materials. 2008. *Standard Test Method for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer*. ASTM D7175-08. West Conshohocken, PA: ASTM International.

- American Society for Testing and Materials. 2012. *Standard Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt (Rolling Thin-Film Oven Test)*. ASTM D2872-12e1. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. 2013. *Standard Practice for Accelerated Aging of Asphalt Binder Using a Pressurized Aging Vessel (PAV)*. ASTM D6521-13. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Shell Bitumen. 2003. *The Shell Bitumen Handbook*. Fifth Edition. London: Thomas Telford Ltd.
- Tuntiworawit, N., Lavansiri, D, dan Phromsorn, C. 2005. *The Modification of Asphalt with Natural Rubber Latex*. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 5: 679-694.