

KARAKTERISTIK SIFAT FISIK DAN KETAHANAN TERHADAP MINYAK DARI KARET ALAM EPOKSI

Physical Characteristics and Oil Resistance of Epoxidized Natural Rubber

Hani HANDAYANI, M. Irfan FATURRAHMAN dan Indria KUNCORO¹⁾

Summary

Natural rubber of Hevea brasiliensis was a natural polymer which has good dumping properties and high elasticity. However, natural rubber molecule is a nonpolar hydrocarbon polymer which easily swells in oil. Epoxidation of double bond of natural rubber molecule is an effort to increase its polarity. So, its resistance to oil as well as several of its physical properties will increase. Epoxidized natural rubber (ENR) could be made from insitu epoxidation in latex phase using performic acid made from hydrogen peroxide and formic acid. The aim of this experiments was to study the physical characteristics and oil resistance of ENR-50 (rubber containing 50% mole epoxidation) that was successfully synthesized from concentrated latex. The reaction was carried out at temperature 60°C for 24 hours with the dose of hydrogen peroxide as 9 mole/mole isoprene unit and the mol ratio between formic acid and hydrogen peroxide was 0.1875. The results showed that epoxidized natural rubber that was synthesized indicated better physical characteristics compared with synthetic rubber NBR (Nitrile Butadiene Rubber), but, its resistance to oil was still under NBR both in machine oil or brake oil.

Keywords: Epoxidized natural rubber, oil resistance, hydrogen peroxide, formic acid

Ringkasan

Karet alam *Hevea brasiliensis* merupakan suatu polimer alam yang memiliki sifat redoman yang baik dan elastisitas yang tinggi. Namun karena karet alam bersifat non polar menyebabkan karet alam tidak tahan terhadap minyak. Epoksidasi ikatan rangkap dari molekul karet alam merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kepolaran molekul karet tersebut. Dengan demikian, ketahanan terhadap minyak dan beberapa sifat fisika lainnya akan meningkat pula. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sifat fisik dan ketahanan minyak dari karet ENR-50 (yakni karet epoksi dengan kandungan epoksida 50%) yang telah berhasil disintesis dari lateks pekat secara insitu menggunakan asam performat yang dihasilkan dari hidrogen peroksida dan asam format. Reaksi berlangsung pada suhu 60°C selama 24 jam dengan dosis hidrogen peroksida sebesar 9 mol/mol unit isoprena dan perbandingan mol antara asam format dengan hidrogen peroksida sebesar 0,1875. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa karet epoksi yang telah dibuat memiliki sifat fisik

¹⁾Pusat Teknologi Material, Balai Pengkajian dan Penerapan Teknologi

lebih baik dibandingkan dengan karet sintetis NBR. Akan tetapi ketahanannya terhadap minyak masih kurang dibanding NBR baik di dalam oli mesin maupun oli rem.

Kata kunci: Karet alam epoksi, ketahanan minyak, hidrogen peroksida, asam format

PENDAHULUAN

Karet alam *Hevea brasiliensis* mempunyai beberapa kelemahan, antara lain sifatnya tidak konsisten, tidak tahan terhadap cuaca, panas, pelarut hidrokarbon, dan ozon, sehingga tidak dapat digunakan sebagai bahan baku barang jadi karet, terutama untuk barang yang tahan minyak, panas, dan oksidasi (Janssen, 1956). Hal ini disebabkan struktur cis-1,4-poliisoprena dari karet alam mempunyai ketidak-jenuhan yang tinggi (Blackley, 1966). Karet alam mengandung sekitar 15 000 - 20 000 ikatan tidak jenuh pada rantai molekulnya. Disamping itu, karet alam bersifat non-polar, sehingga karet alam tidak tahan terhadap minyak (Phinyocheep dan Boonjairaak, 2006).

Selain teknologi *blending* karet alam dengan karet sintetis yang selama ini dikenal untuk memperbaiki kelemahan karet alam, pengembangan teknologi karet alam saat ini mengarah pada perbaikan sifat dari karet alam dengan modifikasi kimia. Untuk itu, sebagai langkah awal strategis diperlukan upaya-upaya rekayasa material dan proses produksinya agar diperoleh karet alam yang memenuhi persyaratan secara teknis namun mudah dalam prosesnya sehingga didapatkan kualitas yang kompetitif menyamai karet sintetis seperti NBR yang merupakan salah satu karet hasil olahan dari minyak bumi yang memiliki sifat ketahanan yang baik terhadap minyak.

Salah satu upaya untuk meningkatkan ketahanan terhadap minyak pada karet alam adalah dengan melakukan modifikasi secara kimia terhadap karet alam melalui reaksi epoksidasi. Reaksi epoksidasi pada karet alam akan menghasilkan suatu cincin epoksida pada rantai polimer karet alam. Reaksi epoksidasi dapat dibuat dengan fase lateks atau dengan menggunakan pelarut organik. Reaksi epoksidasi yang dibuat pada fase lateks lebih ekonomis daripada menggunakan pelarut organik, karena penggunaan pelarut organik disamping mahal juga akan bermasalah terhadap lingkungan (Bradbury dan Perera, 1985).

Reaksi epoksidasi merupakan reaksi antara karet dengan perasam. Asam perasetat dan asam performat banyak digunakan sebagai reaktan untuk reaksi epoksidasi pada fase lateks karet alam (Phinyocheep dan Boonjairaak, 2006). Reaksi epoksidasi karet alam menggunakan asam performat yang dihasilkan dari hidrogen peroksida dan asam format secara *insitu* lebih mudah untuk digunakan, karena reaksi epoksidasi dengan menggunakan asam performat tidak memerlukan asam sulfat sebagai katalis (Gelling, 1991).

Reaksi ikatan silang antara gugus epoksida pada karet dengan sulfur pada saat vulkanisasi merupakan reaksi terpenting polimer dan menjadi dasar untuk industri-industri karet dan elastomer. Reaksi

ikatan silang terinisiasi peroksida dari polimer-polimer jenuh berlangsung melalui abstraksi hidrogen oleh radikal-radikal yang terjadi dari pemutusan homolitik peroksida. Teknik ikatan silang karet dengan peroksida telah dikenal beberapa tahun terakhir ini. Keuntungan umum peroksida untuk ikat silang adalah sangat baik ketahanannya pada temperatur tinggi, elastisitas yang baik, dan tidak ada penghilangan warna pada hasil akhir.

Kegunaan karet alam epoksi adalah untuk membuat barang jadi karet tahan minyak, tahan benturan, perekat, dan pelapis PVC (*Poly Vinyl Chloride*). Karet alam epoksi diharapkan menawarkan suatu *poliblend* yang lebih kompatibel. Cincin epoksi yang relatif kurang stabil daripada ikatan rangkap C=C diharapkan akan membuka dengan berikatan secara kimia dengan PVC. Selain itu, karet alam epoksi akan menjadi suatu alternatif vulkanisasi yang sering dilakukan di industri ban kendaraan bermotor, pembuatan resin, bahan perekat, zat aditif, dan lain-lain. Karet alam epoksi adalah salah satu alternatif pengolahan karet alam yang diharapkan mampu menaikkan nilai tawarnya sebagai salah satu komoditas ekspor.

Bentuk terepoksidasi memungkinkan peningkatan kompatibilitas *poliblend*-nya sehingga dapat digunakan sebagai bahan aditif dalam proses *blending* dengan polimer lain. Beberapa karet alam epoksi yang telah diproduksi secara komersial yaitu ENR-25 dan ENR-50.

Sifat epoksida dari karet alam dipengaruhi oleh beberapa faktor,

diantaranya adalah bahan dasar yang digunakan dan kondisi reaksi (suhu, waktu dan dosis pereaksi). Karet alam epoksi yang dibuat melalui reaksi epoksidasi fasa lateks pada penelitian ini menggunakan bahan dasar lateks pekat (Hidayatullah, 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan menentukan karakteristik sifat fisik dan ketahanan terhadap minyak dari karet ENR-50 yang telah berhasil disintesis dari lateks pekat.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lateks kebun, surfaktan emulgen 20%, hidrogen peroksida 30%, asam format 90%, aseton, kloroform, lempeng KBR, larutan $CDCl_3$, oli mesin, dan oli rem. Peralatan yang digunakan adalah alat gelas, mesin sentrifugasi lateks, spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), dan spektroskopi 1H -NMR.

Pembuatan Lateks Pekat

Penelitian ini menggunakan bahan dasar lateks kebun yang didapat dari Kebun Percobaan Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, Ciomas. Lateks kebun yang telah dikumpulkan diuji kadar karet kering (KKK) dan kadar nitrogennya. Lateks kebun disaring untuk menghilangkan pengotor. Lateks hasil saringan distabilkan dengan emulgen 3 bsk (bagian per seratus karet) kemudian disentrifugasi pada kecepatan 5000 - 7000 rpm hingga diperoleh lateks pekat dengan KKK $\pm 60\%$.

Pembuatan Karet Alam Epoksi

Metode pembuatan karet alam epoksi sesuai dengan yang dilakukan oleh Phinyocheep dan Boonjairaak (2006). Reaksi dilakukan di dalam labu kimia yang diaduk dengan menggunakan motor pengaduk, suhu reaksi diatur dengan menggunakan pengendali suhu.

Pembuatan karet alam epoksi secara *insitu* diawali dengan menambahkan asam format 1,69 mol/mol unit isoprena ke dalam lateks pekat dengan kadar karet kering 20% yang distabilkan menggunakan 3 bsk surfaktan *polyoxyethylene lauryl ether* (emulgen), kemudian ditambahkan hidrogen peroksida 9 mol/mol unit isoprena tetes demi tetes selama 30 menit. Suhu reaksi dijaga 60°C dengan menggunakan pengendali suhu dan untuk menyeragamkan suhu dilakukan pengadukan. Reaksi epoksidasi dilakukan selama 24 jam, karet alam epoksi yang telah terbentuk, kemudian digumpalkan menggunakan aseton, digiling dan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 40°C selama 4 jam.

Analisis Level Epoksidasi

Lateks hasil epoksidasi yang telah digumpalkan dengan aseton dibuat lembaran tipis, kemudian dikeringkan hingga membentuk krep. Setelah itu sampel dianalisis dengan menggunakan spektroskopi FTIR untuk analisis secara kualitatif dan spektroskopi ¹H-NMR untuk analisis secara kuantitatif.

Pembuatan Vulkanisat Karet Alam Epoksi

Karet alam epoksi yang telah dibuat diseragamkan terlebih dahulu dengan cara penggilingan kemudian dibuat kompon sesuai resep (Tabel 1) dengan sistem vulkanisasi semi-EV (*Efficient Vulcanization*).

Pengujian Sifat Fisik

Pengujian sifat fisik terdiri atas pengujian kuat tarik, perpanjangan putus, kekerasan, dan pampatan tetap. Pengujian kuat tarik dan perpanjangan putus dilakukan

Tabel 1. Susunan resep kompon barang jadi tahan minyak dari karet alam dan karet alam epoksi

Figure 1. Compound recipe for oil resistance product from natural rubber and epoxidized natural rubber

Bahan <i>Material</i>	Karet alam <i>Natural rubber</i>	Karet alam epoksi <i>Epoxidized natural rubber</i>
Karet (<i>Rubber</i>)	100	100
ZnO	5	5
Asam stearat (<i>Stearic acid</i>)	2	2
TMQ	1	1
TMTD	0,2	0,2
CBS	2	2
Sulfur (<i>Sulphur</i>)	1,5	1,5

berdasarkan metode ASTM D 41298a (ra, 2002), pengujian kekerasan dilakukan berdasarkan metode ASTM D 2240, dan pengujian pampatan tetap dilakukan berdasarkan metode ISO 815:2008.

Pengujian Ketahanan terhadap Minyak

Pengujian terhadap minyak dilakukan dengan dua jenis oli yaitu oli mesin dan oli rem. Pengujian dilakukan sesuai dengan metode ISO 1817:2005.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kualitatif Menggunakan Spektroskopi FTIR

Penentuan persen epoksidasi secara kualitatif diketahui dengan membandingkan spektrum ENR-50 hasil penelitian dengan spektrum karet ENR-50 standar buatan Thailand dan spektrum dari karet alam seperti yang disajikan pada Gambar 1. Terjadinya epoksidasi dapat terlihat dari tingginya intensitas puncak pada daerah serapan 870 cm^{-1} yang karakteristik untuk serapan tekukan (*bending*) C-O gugus epoksi dimana pada spektrum lateks pekat, puncak tersebut muncul dengan intensitas rendah.

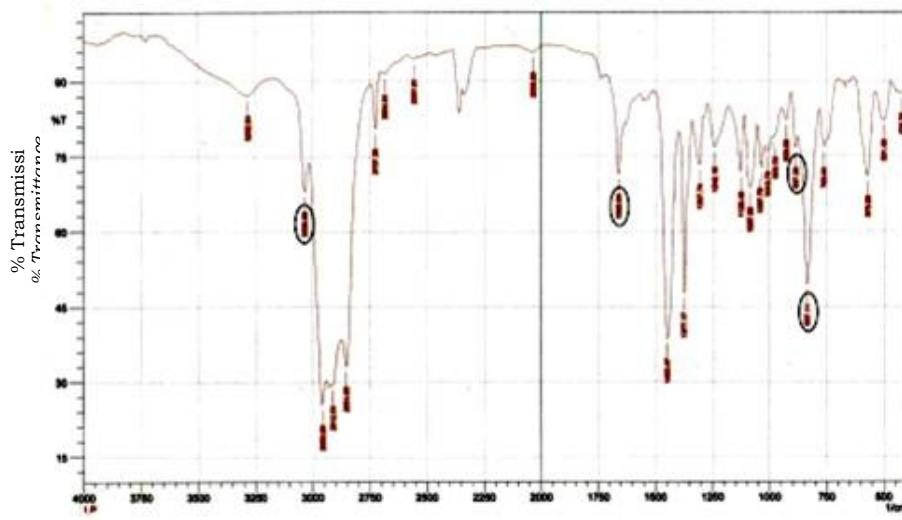
Terjadinya reaksi epoksidasi juga dapat dilihat dari menurunnya tinggi puncak pada beberapa daerah serapan, diantaranya: daerah 3000 cm^{-1} yang karakteristik untuk serapan regangan (*stretching*) C-H gugus alkana, daerah serapan 1600 cm^{-1} yang karakteristik untuk serapan regangan C=C gugus isoprena karet alam, dan daerah serapan 837

cm^{-1} yang karakteristik untuk serapan tekukan C=C gugus isoprena karet alam yang semakin berkurang selama terjadinya epoksidasi. Karakteristik lain dapat dilihat dengan semakin tingginya intensitas puncak pada daerah serapan 1251 cm^{-1} yang karakteristik untuk regangan C-O gugus epoksi (Fessenden dan Fessenden, 1983).

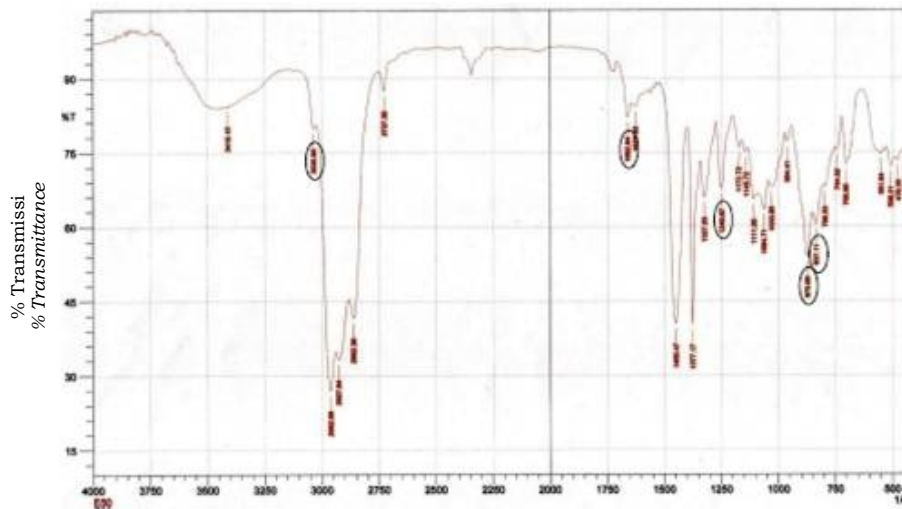
Hasil epoksidasi dapat dibandingkan secara kualitatif antara karet alam epoksi hasil penelitian dengan karet alam dan karet epoksi standar (ENR-50). Pada Gambar 2 disajikan spektrum FTIR karet alam ENR-50 hasil reaksi yang terbuat dari lateks pekat pada kondisi suhu reaksi 60°C , selama 24 jam dengan konsentrasi hidrogen peroksida 9 mol/mol isoprena unit. Spektrum FTIR karet alam epoksi hasil reaksi menunjukkan terjadi penurunan tinggi puncak pada serapan 3000 cm^{-1} , 837 cm^{-1} dan 1600 cm^{-1} dan terjadi kenaikan tinggi puncak pada serapan 870 cm^{-1} dan adanya serapan pada 1251 cm^{-1} . Hal ini membuktikan bahwa secara kualitatif telah terjadi pembentukan gugus oksiran pada struktur karet alam.

Analisis Kuantitatif Menggunakan Spektroskopi $^1\text{H-NMR}$

Persentase lateks terepoksidasi dihitung secara kuantitatif menggunakan spektrum $^1\text{H-NMR}$ dengan cara menghitung luas integrasi pada geseran kimia (δ) 2,70 ppm yang karakteristik untuk proton gugus oksiran, 5,15 ppm yang karakteristik untuk proton yang berdekatan dengan gugus C=C, dan 0,84 ppm yang karakteristik untuk proton gugus metil. Rumus untuk menghitung persen karet yang terepok-



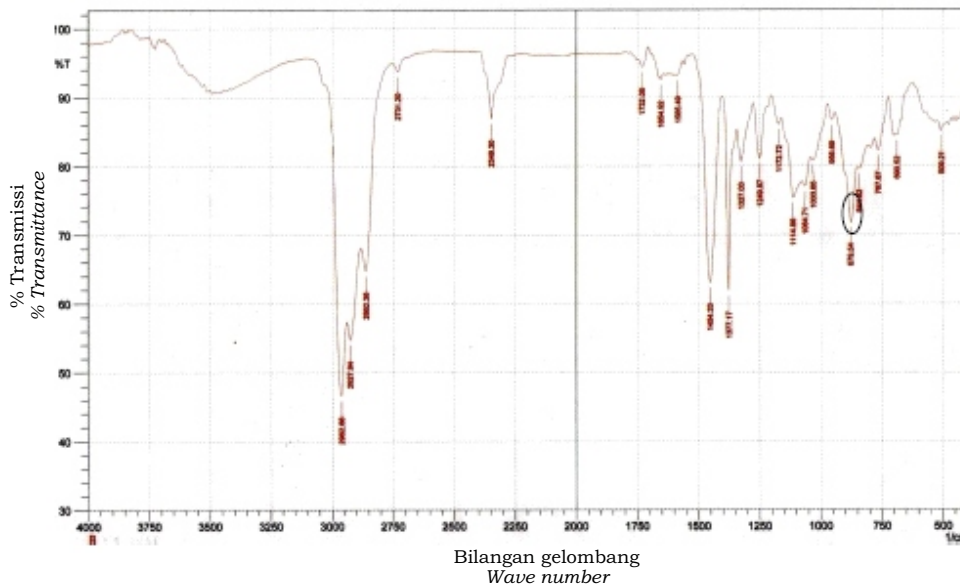
Bilangan gelombang
Wave number
(a)



Bilangan gelombang
Wave number
(b)

Gambar 1. a. Spektrum FTIR karet alam
b. Spektrum FTIR ENR-50

Figure 1. a. FTIR spectrum of natural rubber
b. FTIR spectrum of ENR-50



Gambar 2. Spektrum FTIR ENR-50 yang diperoleh melalui reaksi epoksidasi lateks pekat selama 24 jam, dosis hidrogen peroksida 9 mol/mol isoprena unit

Figure 2. FTIR spectrum of ENR-50 obtained from epoxidation of concentrated latex for 24 hours at 9 mol/mol unit isoprene of hydrogen peroxide dosage

sidasi menurut Phynocheep dan Boonjairak (2006) adalah sebagai berikut:

$$\%E = \frac{A_{2,70}}{A_{2,70} + A_{5,15} + A_{0,84}/3} \times 100$$

dimana:

$A_{2,70}$: Luas integrasi pada daerah geseran kimia 2,70 ppm

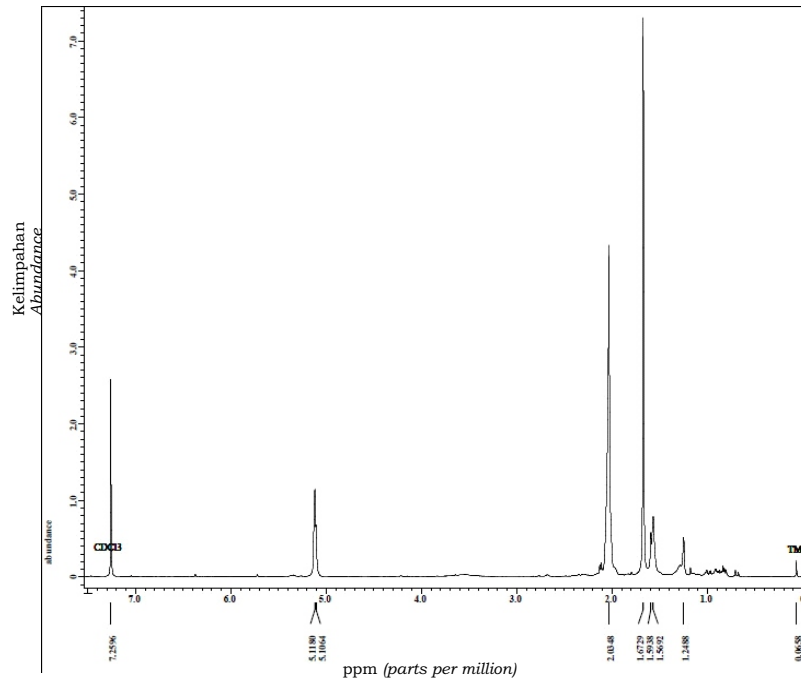
$A_{5,15}$: Luas integrasi pada daerah geseran kimia 5,15 ppm

$A_{0,84}$: Luas integrasi pada daerah geseran kimia 0,84 ppm

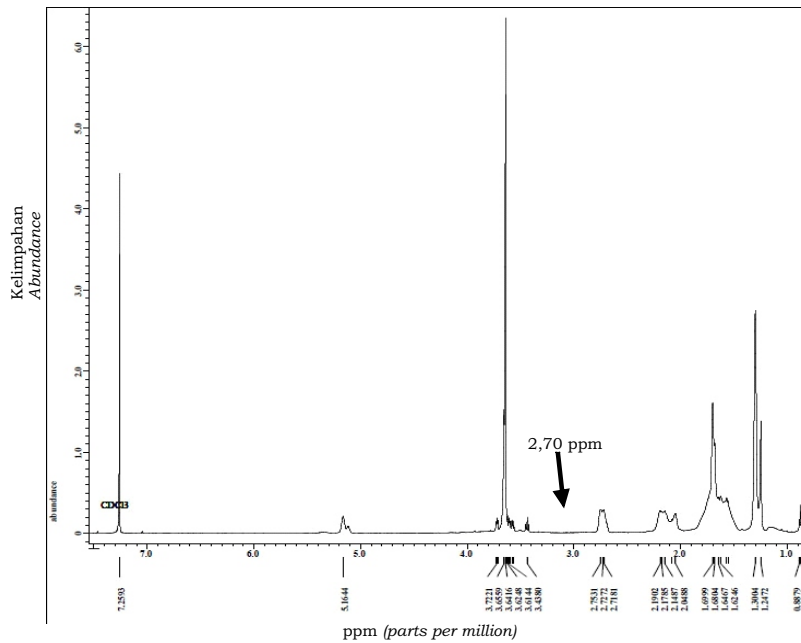
Berdasarkan rumus tersebut telah didapatkan persen karet alam epoksi yang disintesis dalam penelitian ini yaitu sebesar 40,12%. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa dari penelitian ini telah

berhasil dibuat karet alam epoksi mendekati ENR-50, yaitu dari lateks pekat dengan konsentrasi hidrogen peroksida 9 mol/mol unit isoprena selama 24 jam.

Spektrum $^1\text{H-NMR}$ karet alam dan karet ENR-50 yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Pada gambar tersebut terlihat perbedaan antara spektrum karet alam dengan karet ENR-50 terletak pada daerah geseran 2,70 ppm yang karakteristik untuk serapan proton gugus oksiran dimana pada karet alam tidak ditemukan serapan pada daerah tersebut. Persentase tingkat epoksidasi semakin meningkat dengan meningkatnya luas integrasi pada daerah geseran tersebut.



Gambar 3. Spektrum ¹H-NMR karet alam
Figure 3. ¹H-NMR spectrum of natural rubber



Gambar 4. Spektrum ¹H-NMR ENR-50
Figure 4. ¹H-NMR spectrum of ENR-50

Gambar 4 memperlihatkan keberadaan puncak pada daerah 2,70 ppm dengan luas integrasi yang cukup besar. Hal ini menunjukkan telah terjadi reaksi epoksi pada karet tersebut dengan persentase 40,12% setelah dihitung sesuai dengan rumus.

Hasil pengujian suhu transisi gelas (Tg) karet alam epoksi dapat dilihat pada Tabel 2. Suhu Tg adalah suhu dimana sifat polimer yang keras, kaku, getas, padat seperti gelas berubah menjadi elastis, lunak, fleksibel seperti fluida. Semakin tinggi suhu Tg berarti bahan semakin keras dan semakin rendah suhu Tg berarti bahan semakin elastis. Epoksidasi pada lateks pekat meningkatkan suhu Tg sehingga karet lebih keras tetapi masih dibawah suhu kamar sehingga sifatnya tetap elastis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu Tg pada karet alam epoksi lebih tinggi dibanding karet alam. Hal ini menunjukkan bahwa epoksidasi menyebabkan elastisitas karet sedikit berkurang.

Karakteristik Sifat Fisik Karet Alam Epoksi

Reaksi epoksidasi menyebabkan berkurangnya ikatan rangkap C=C pada gugus isoprena karet alam seiring dengan bertambahnya gugus oksiran yang terbentuk. Keberadaan gugus oksiran yang bersifat polar membuat karet alam epoksi bersifat lebih polar dibandingkan dengan karet alam. Hal ini yang menyebabkan karet alam epoksi lebih tahan terhadap minyak. Ketahanan karet alam terhadap minyak semakin bertambah seiring dengan kenaikan level epoksi yang terjadi. Dengan perubahan sifat kepolaran tersebut

Tabel 2. Suhu transisi gelas karet alam dan karet alam epoksi
 Table 2. Glass temperature transition of natural rubber and epoxidized natural rubber

Jenis karet <i>Rubber type</i>	Suhu transisi gelas <i>Glass temperature transition</i> °C
Karet alam <i>Natural rubber</i>	-65,13
Karet ENR -50	-53,06

maka akan berpengaruh juga terhadap sifat fisik karetnya. Dibawah ini diuraikan pengaruh level epoksidasi terhadap beberapa sifat fisik karet alam epoksi yang dibuat.

Pengaruh terhadap Tingkat Kekerasan (*Hardness*)

Pengaruh epoksidasi terhadap tingkat kekerasan pada ENR-50 dapat dilihat pada Gambar 5. Sifat fisika diuji sebelum dan sesudah pengusangan. Pengusangan dilakukan selama 72 jam pada 70°C. Dari Gambar 5 terlihat bahwa tingkat kekerasan ENR-50 lebih tinggi daripada karet alam (NR) namun lebih rendah daripada karet sintetis NBR. Kenaikan tingkat kekerasan disebabkan semakin meruahnya struktur karet yang terbentuk setelah mengalami reaksi epoksidasi sehingga karet menjadi lebih keras daripada karet alam, namun masih lebih rendah daripada NBR karena level epoksi dari karet yang diperoleh masih lebih rendah daripada NBR. Setelah pengusangan terjadi kenaikan tingkat kekerasan pada semua jenis karet, kenaikannya tidak jauh berbeda dengan sebelum pengusangan. Hal ini

disebabkan pengusangan mengakibatkan karet menjadi lebih getas atau kaku (fleksibilitas karet menurun).

Pengaruh terhadap Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Pengaruh epoksidasi terhadap nilai TS pada ENR-50 dapat dilihat pada Gambar 6. Sifat fisika diuji sebelum dan sesudah pengusangan. Pengusangan dilakukan selama 72 jam pada 70°C. Gambar 6 memperlihatkan nilai kuat tarik yang cukup baik pada ENR-50 bahkan melebihi karet alam, jauh dibandingkan NBR. Hal ini menandakan bahwa karet alam epoksi yang dibuat masih memiliki sifat elastisitas karet alam dimana hal tersebut tidak dimiliki oleh karet sintetis, dalam hal ini NBR. Hal ini menjadi nilai lebih dari karet ENR dibandingkan dengan NBR.

Dari Gambar 6 terlihat bahwa sebelum dan sesudah pengusangan, kekuatan tarik ENR-50 lebih tinggi daripada NR dan NBR. Berkurangnya ikatan C=C setelah karet mengalami epoksidasi menyebabkan menurunnya derajat ikatan silang. Semakin tinggi level epoksi, derajat ikatan silangnya semakin menurun sehingga kekuatannya menurun. Akan tetapi dengan semakin naiknya level epoksi, struktur molekul karet semakin meruah dan rantainya lebih kaku (*rigid*) disebabkan banyaknya gugus oksiran yang terikat pada rantai isoprena karet sehingga memungkinkan terjadinya ikatan silang yang lebih banyak tidak hanya antara sulfur dengan gugus C=C dari poliisoprena karet tetapi juga dengan gugus oksiran sehingga kekuatan tariknya meningkat.

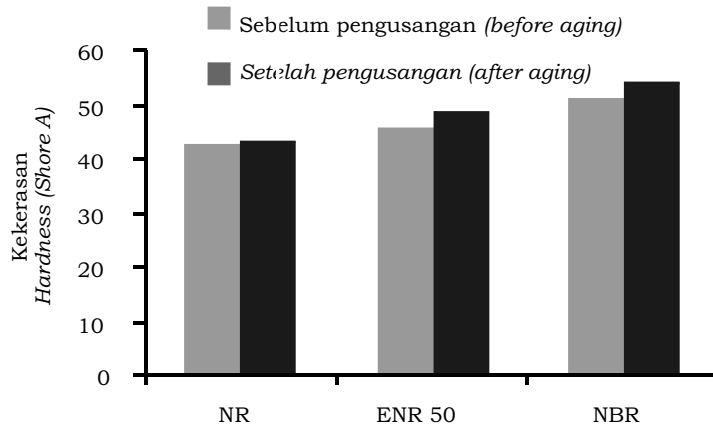
Jenis ikatan silang yang terbentuk juga mempengaruhi kekuatan tarik.

Sistem vulkanisasi semi-efisien yang digunakan dalam penelitian ini memungkinkan terbentuknya ikatan disulfida atau monosulfida yang lebih tahan terhadap panas dan strukturnya lebih kuat. Semakin tinggi level epoksi ketahanannya semakin meningkat. Hal ini menyebabkan setelah mengalami pengusangan, kekuatan tarik ENR-50 masih lebih tinggi dibandingkan NR dan NBR.

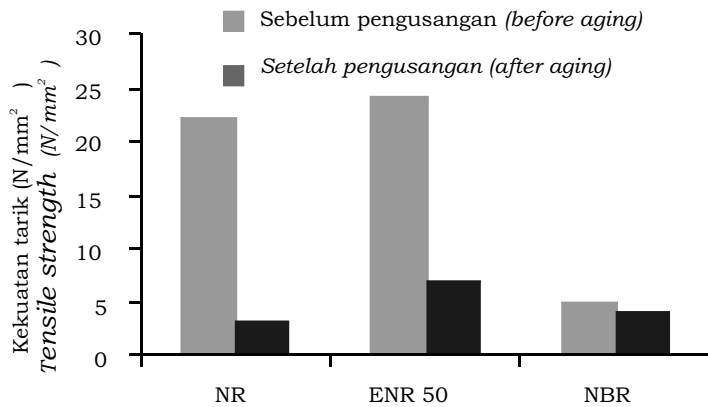
Pengusangan menyebabkan putusannya ikatan sulfida dan ikatan C=C yang menyebabkan berkurangnya derajat ikatan silang sehingga kekuatan tariknya menurun. Persentase penurunan kekuatan tarik ENR-50 sebelum dan sesudah pengusangan lebih rendah dibanding NR, namun lebih besar dibandingkan NBR. Hal ini menunjukkan ikatan silang yang terbentuk pada ENR-50 lebih banyak dan lebih kuat dibanding NR dan NBR.

Pengaruh terhadap Perpanjangan Putus (*Elongation at Break*)

Pengaruh epoksidasi terhadap perpanjangan putus (EB) pada karet ENR-50 dapat dilihat pada Gambar 7. Sifat fisika diuji sebelum dan sesudah pengusangan. Pengusangan dilakukan selama 72 jam pada 70°C. Dari Gambar 7 terlihat bahwa sebelum pengusangan, perpanjangan putus ENR-50 hampir sama dengan NR tetapi lebih tinggi dibandingkan NBR. Hal ini menandakan bahwa sifat karet dalam ENR-50 masih dapat dipertahankan. Setelah mengalami pengusangan, perpanjangan putus



Gambar 5. Pengaruh epoksidasi terhadap tingkat kekerasan sebelum dan sesudah pengusangan
 Figure 5. Effect of epoxidation on hardness before and after ageing



Gambar 6. Pengaruh epoksidasi terhadap nilai kekuatan tarik sebelum dan sesudah pengusangan
 Figure 6. Effect of epoxidation on tensile strength before and after ageing

semua jenis karet mengalami penurunan akan tetapi ENR-50 masih lebih tinggi dibanding NR dan NBR.

Semakin tinggi level epoksi, derajat ikatan silang semakin menurun karena ikatan C=C poli-

isoprena karet semakin berkurang sehingga karet lebih rapuh dan lebih mudah putus. Pengusangan menyebabkan putusnya ikatan sulfida dan ikatan silang yang terbentuk sehingga kekuatan tarik karet menurun dan menjadi lebih mudah putus. Persentase

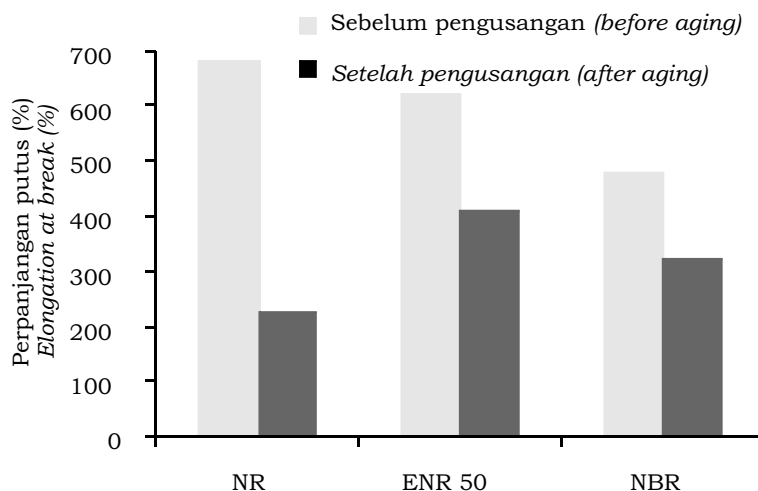
penurunan nilai EB untuk ENR-50 lebih rendah dibandingkan dengan NR namun sedikit lebih besar daripada NBR. Hal ini disebabkan meruahnya gugus ENR-50 sehingga ikatan silang lebih sulit putus.

Pengaruh terhadap Pampatan Tetap (*Compression Set*)

Pengaruh epoksidasi terhadap pampatan tetap pada karet ENR-50 dapat dilihat pada Gambar 8. Pampatan tetap ini berbanding terbalik dengan *resilience* (ketahanan pantul). Semakin tinggi pampatan tetap, ketahanan pantulnya semakin rendah. Hal ini disebabkan adanya interaksi intramolekuler dari gugus epoksi. Reaksi epoksidasi menyebabkan interaksi intermolekuler semakin besar sehingga ketika karet dipampatkan dengan tekanan dari suatu beban pada suhu dan waktu

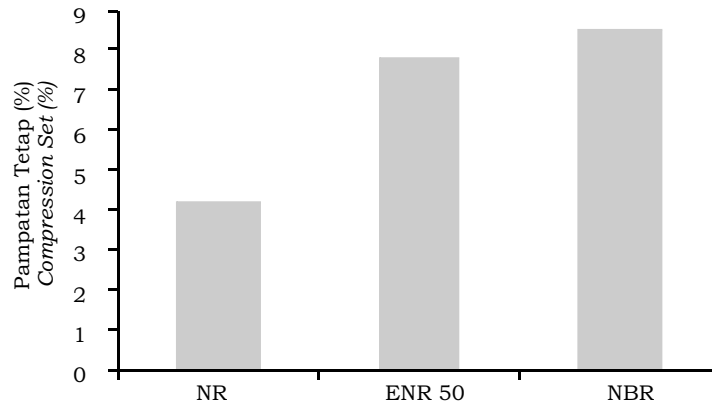
tertentu tidak terjadi perubahan yang terlalu besar terhadap elastisitasnya.

Dari gambar tersebut terlihat bahwa nilai pampatan tetap untuk karet ENR-50 lebih besar daripada NR namun masih lebih rendah dibanding NBR. Semakin besar nilai pampatan tetap menunjukkan bahwa setelah dipampatkan elastisitas karet semakin berkurang. Semakin rendah nilai pampatan tetap berarti ketahanan elastisitas karet semakin baik. Hal ini menunjukkan bahwa karet ENR-50 memiliki ketahanan terhadap pampatan yang cukup baik dibandingkan dengan NBR namun masih kurang dibandingkan NR. Semakin tinggi level epoksidasi ketahanan pampatannya semakin meningkat disebabkan banyaknya ikatan silang dan tingginya interaksi intramolekuler dari gugus epoksi.



Gambar 7. Pengaruh epoksidasi terhadap nilai EB (*Elongation at break*) sebelum dan sesudah pengusangan

Figure 7. Effect of epoxidation on elongation at break before and after ageing

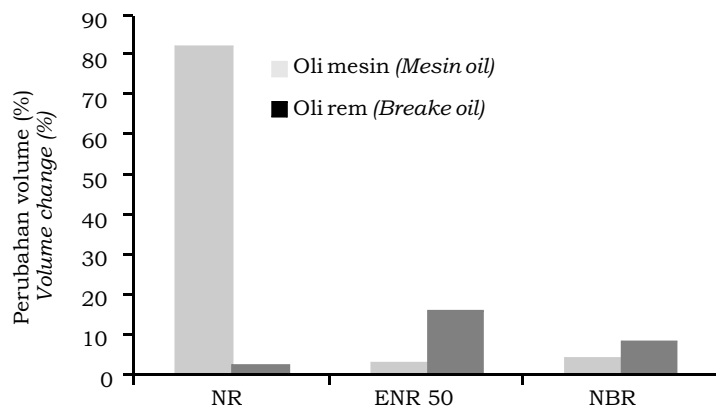


Gambar 8. Pengaruh epoksidasi terhadap nilai pampatan tetap sebelum dan sesudah pengusangan
 Figure 8. Effect of epoxidation on compression set before and after ageing

Pengaruh terhadap Ketahanan di dalam Oli/Minyak

Dalam penelitian ini digunakan dua jenis minyak/oli yaitu oli mesin yang memiliki kandungan aromatik lebih tinggi dibandingkan dengan oli rem sehingga lebih nonpolar. Gugus utama dalam oli rem adalah glikol yang bersifat polar sehingga bahan yang memiliki kepolaran relatif sama, jika direndam dalam oli tersebut ketahanannya akan menurun.

Gambar 9 memperlihatkan bahwa karet ENR-50 lebih tahan terhadap oli mesin dan oli rem dibandingkan dengan NR. Hal ini disebabkan karena adanya gugus epoksi yang bersifat polar sehingga menyebabkan karet ENR-50 lebih polar daripada NR. Dari kedua jenis oli yang digunakan, karet ENR-50 memiliki ketahanan yang lebih baik ketika direndam dalam oli mesin dibandingkan dengan oli rem. Hal ini disebabkan kepolaran oli rem yang lebih tinggi dibandingkan



Gambar 9. Pengaruh epoksidasi terhadap ketahanan dalam minyak
 Figure 9. Effect of epoxidation on oil resistance

dengan oli mesin sehingga karet ENR-50 lebih mengembang di dalam oli rem dibandingkan dengan di dalam oli mesin.

Diduga karet ENR-50 yang dibuat lebih polar dibandingkan dengan NBR sehingga ketika direndam di dalam oli rem, karet ENR-50 lebih mengembang dibandingkan NBR. Oleh karena itu NBR lebih tahan terhadap pengembangan baik itu di dalam oli rem maupun oli mesin.

KESIMPULAN

Hasil penelitian gugus fungsi dengan menggunakan peralatan spektroskopi FTIR dan ¹H-NMR menunjukkan bahwa karet ENR-50 dapat dibuat secara *insitu* dari lateks pekat menggunakan asam performat yang dihasilkan dari hidrogen peroksida dan asam format. Reaksi berlangsung pada suhu 60°C selama 24 jam dengan dosis hidrogen peroksida sebesar 9 mol/mol unit isoprena.

Hasil analisis sifat-sifat fisika menunjukkan bahwa karet epoksi yang dibuat dalam penelitian ini memiliki sifat fisik lebih baik dibandingkan dengan karet sintesis NBR. Akan tetapi ketahanannya terhadap minyak masih kurang dibanding NBR baik di dalam oli mesin maupun oli rem.

Penelitian lebih lanjut akan dilaksanakan untuk mengamati berbagai perlakuan pada pembuatan ENR yang diharapkan dapat meningkatkan ketahanan terhadap minyak setara dengan karet sintesis NBR.

DAFTAR PUSTAKA

- Blackley, D.C. 1966. *High Polymer Latices*. Maclaren and Sons Ltd, London.
- Bradbury, J.H and M.C.S. Perera. 1985. Epoxidation of natural rubber studied by NMR spectroscopy. *J. Applied Polymer Science*, 30(8), 3347-3364.
- Fessenden, R. J. dan J. S. Fessenden. 1983. *Kimia organik*. Edisi ketiga Jilid 1. terjemahan. Erlangga, Jakarta.
- Gelling, I.R. 1991. Epoxidised natural rubber. *J. Nat. Rubb.* 6(1), 184.
- Hidayatullah, A.S. 2009. Reaksi Epoksidasi Dalam Fase Lateks Menggunakan Asam Performat. Skripsi. Program Sarjana Universitas Pakuan, Bogor.
- Janssen, H.J.J. 1956. Preparation and use of cyclised rubber as a stiffening resin in rubber. *Rubb. Age*, 79(1), 718-722.
- Phinyocheep, P. and K. Boonjairaak. 2006. Investigation on Hydrogenation and Epoxidation of Natural Rubber in Latex Stage. Department of Chemistry, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok.