

# KARAKTERISASI PROSES VULKANISASI MINYAK JARAK KASTOR DAN EVALUASI MUTU HASIL FAKTIS COKELAT

## CHARACTERIZATION OF CASTOR OIL VULCANIZATION PROCESS AND QUALITY EVALUATION OF BROWN FACTICE PRODUCT

\*Santi Puspitasari dan Adi Cifriadi

**Pusat Penelitian Karet**  
Jalan Salak No 1, Bogor 16151 Indonesia  
[\\*shanty\\_bptkbgr@yahoo.co.id](mailto:shanty_bptkbgr@yahoo.co.id)

(Tanggal diterima: 26 April 2013, direvisi: 16 Mei 2013, disetujui terbit: 28 Juni 2013)

### ABSTRAK

Faktis cokelat yang berfungsi sebagai bahan bantu olah kompon karet disintesis melalui reaksi vulkanisasi minyak nabati pada suhu tinggi. Kebutuhan faktis cokelat untuk industri barang jadi karet domestik dipenuhi dari impor. Penelitian ini bertujuan mempelajari proses pembuatan dan evaluasi mutu faktis cokelat dari minyak jarak kastor pada skala laboratorium. Penelitian telah dilaksanakan pada periode bulan Januari hingga April 2013 di Laboratorium Pusat Penelitian Karet, Bogor. Tahapan dalam percobaan diawali dengan netralisasi minyak jarak kastor menggunakan larutan NaOH 14<sup>0</sup>Be. Minyak jarak kastor ternetralisasi selanjutnya direaksikan dengan ZnO (0 dan 0,2 gram) dan sulfur (50 gram) pada berbagai suhu (150, 160, 170 °C). Faktis cokelat yang diperoleh dievaluasi mutunya meliputi visualisasi fisik, sifat kimia, derajat ikatan silang, dan FTIR. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kondisi optimum reaksi vulkanisasi diperoleh pada suhu 170 °C dengan dosis penambahan ZnO sebesar 0,2 gram. Pada kondisi tersebut diperoleh faktis cokelat yang memiliki spesifikasi mutu setara dengan faktis cokelat komersial mutu III.

**Kata Kunci:** Karet, minyak jarak kastor, faktis cokelat

### ABSTRACT

*Brown factice has a function as rubber processing aid. Brown factice is synthesized by vulcanization of vegetable oil at high temperature. Imported brown factice fulfill the needs of domestic rubber goods industries. The objective of this research was to study the synthesis and quality characterization of brown factice from Castor oil at laboratory scale. Research has been carried out from January to April 2013 in the Laboratory of Rubber Research Center, Bogor. The study was begun with neutralization of castor oil with NaOH 14<sup>0</sup>Be. The neutralized castor oil was reacted with ZnO (0 and 0.2 grams) and sulphur (50 grams) at various temperatures (150, 160, and 170 °C). The brown factice then characterized its quality included physical quality, chemical properties, crosslink density, and FTIR. The result showed that the optimum condition of vulcanization was at 170 °C and 0.2 grams of ZnO addition. This condition produced brown factice quality which equal to commercial brown factice grade III.*

**Keywords:** Rubber, castor oil, brown factice

### PENDAHULUAN

Faktis yang dikenal dengan istilah “minyak nabati tervulkanisasi” merupakan hasil reaksi vulkanisasi antara bagian tak jenuh dalam minyak nabati dengan bahan pemvulkanisasi (Ebewele *et al.*, 2010). Berdasarkan fungsinya, faktis dikelompokkan menjadi dua golongan yaitu faktis

putih dan faktis cokelat. Faktis putih digunakan sebagai bahan baku penghapus sedangkan faktis cokelat berfungsi sebagai bahan bantu olah kompon karet (Simpson, 2002). Reaksi vulkanisasi pembentukan faktis cokelat dijalankan pada suhu tinggi (130-160 °C) dengan sulfur sebagai bahan pemvulkanisasi (Elias, 1984). Reaksi vulkanisasi menyebabkan terjalannya ikatan silang antar

trigliserida yang dijumpai oleh sulfur. Ikatan silang mengakibatkan faktis cokelat bersifat kenyal menyerupai karet. Jumlah ikatan silang dalam faktis cokelat yang dapat diketahui melalui pengukuran derajat ikatan silang turut mempengaruhi mutu faktis cokelat.

Pemanfaatan faktis cokelat sebagai bahan bantu olah dalam pembuatan kompon karet tercatat cukup besar. Menurut Fernando (1971), dosis penambahan faktis cokelat sangat bervariasi tergantung pada jenis barang jadi karet yang hendak diproduksi. Pada pembuatan sol sepatu, faktis cokelat ditambahkan sebesar 5-10 bagian seratus karet (bsk), 10-15 bsk pada pembuatan kabel dan *ebonite*, dan 20-30 bsk untuk produksi barang ekstrusi. Pemanfaatan terbesar faktis cokelat terserap dalam industri barang ekstrusi dari karet seperti selang. Hal ini dikarenakan faktis cokelat memiliki kemampuan dalam mempertahankan stabilitas dimensi barang yang diproduksi dengan teknik penjuruan (ekstruksi) terutama pada awal pemanasan saat vulkanisasi kompon karet (Simpson, 2002).

Di Indonesia, kebutuhan faktis cokelat untuk industri barang jadi karet seluruhnya dipenuhi dari luar negeri karena belum berdirinya pabrik penghasil faktis cokelat bertaraf nasional. Hal ini menjadi tantangan tersendiri terutama bagi industri bahan kimia karet untuk dapat memproduksi faktis cokelat yang secara perlahan mampu memsubstitusi faktis cokelat impor mengingat bahan baku faktis cokelat yang dapat dipenuhi dari sumber daya alam lokal. Minyak jarak kastor (*castor oil*) berpeluang digunakan sebagai sumber bahan baku faktis cokelat. Minyak jarak kastor memiliki bilangan iod sebesar 87,13 (Marlina *et al.*, 2004). Minyak nabati dengan bilangan iod di atas 80 menjadi syarat utama bahan baku faktis cokelat (Carrington, 1962). Faktor harga turut berpengaruh dalam pemilihan bahan baku pembuatan faktis cokelat. Harga minyak jarak kastor dapat dikatakan lebih rendah dibandingkan minyak nabati lain dengan tingkat bilangan iod di atas 80 seperti minyak canola dan minyak kedelai.

Pemilihan minyak jarak kastor sebagai salah satu alternatif minyak nabati untuk bahan baku faktis cokelat secara langsung dapat menambah diversifikasi produk olahan dan meningkatkan nilai

ekonomi dari minyak jarak kastor tersebut. Selama ini penggunaan minyak jarak kastor secara konvensional hanya terbatas untuk bahan bakar ramah lingkungan (biodiesel). Namun fakta di lapangan memperlihatkan bahwa bahan bakar yang disintesis dari minyak nabati termasuk minyak jarak kastor belum sepenuhnya berhasil hingga mencapai ke tahap komersialisasi, hanya PT. Pertamina yang berkomitmen mengembangkan penggunaan biosolar (sesuai dengan Kebijakan Pemerintah melalui Permen ESDM No. 32 tahun 2008).

Kebutuhan faktis cokelat impor sebagai bahan bantu olah di Indonesia dapat diprediksi berdasarkan produksi barang-barang karet tertentu yang umumnya menggunakan bahan bantu olah misalnya selang karet. Pada tahun 2012, kapasitas ekspor selang karet mencapai angka 4500 ton. Jika dosis penambahan faktis cokelat dalam kompon selang karet ditetapkan sebesar 20 bsk, maka jumlah konsumsi faktis cokelat untuk memenuhi kebutuhan ekspor selang karet sebanyak 900 ton. Pada saat ini harga faktis cokelat impor mencapai USD 4/kg. Dengan demikian substitusi impornya akan menghemat devisa sebesar USD 3,6 juta.

Penelitian bertujuan untuk mempelajari proses pembuatan faktis cokelat dari minyak jarak kastor pada skala laboratorium serta evaluasi mutu faktis cokelat yang diperoleh sebagai dasar dalam menentukan kondisi optimum reaksi vulkanisasi.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pusat Penelitian Karet dari bulan Januari hingga April. Bahan yang digunakan antara lain minyak jarak kastor, NaOH, ZnO, dan Sulfur. Bahan kimia pendukung meliputi pereaksi untuk uji kadar ekstrak aseton, uji kadar sulfur bebas, dan uji derajat ikatan silang. Minyak jarak kastor diperoleh dari PT. Kimia Farma, Semarang dan memiliki bilangan iod awal sebesar 86,94. Prosedur dalam penelitian mengikuti tahapan sebagai berikut:

### Netralisasi Minyak Jarak Kastor

Metode dalam netralisasi minyak jarak kastor mengadopsi metode netralisasi minyak yang diterapkan oleh Mardiyah (2011) sebagai berikut: minyak jarak kastor dipanaskan hingga suhu 60-70

°C. Selama pemanasan minyak jarak kastor diaduk agar distribusi suhu merata. Saat tercapai suhu 60-70 °C, ke dalam minyak jarak kastor ditambahkan larutan NaOH 14<sup>0</sup>Be sebanyak 110,45 ml/2400 ml minyak jarak kastor. Campuran kembali diaduk dan dipanaskan selama 15 menit kemudian didiamkan selama 30 menit. Setelah 30 menit, minyak jarak kastor dicuci menggunakan air hangat. Pencucian diulang hingga pH minyak jarak kastor menjadi netral. Jika warna minyak jarak kastor masih keruh, minyak jarak kastor dipanaskan hingga warna minyak jarak kastor menjadi jernih.

### Reaksi Vulkanisasi Pembentukan Faktis Cokelat

Prosedur dalam pembuatan faktis cokelat dilakukan dengan memodifikasi metode yang telah diterapkan oleh Puspitasari *et al.* (2011) sebagai berikut sebanyak 200 ml minyak jarak kastor dituangkan ke dalam *bekker glass* 1000 ml. minyak jarak kastor dipanaskan hingga mencapai suhu reaksi yang dikehendaki (150, 160, dan 170 °C). Sesaat setelah tercapai suhu reaksi, ke dalam minyak jarak kastor ditambahkan secara berurutan ZnO (0 dan 0,2 gram) serta sulfur (50 gram). Perubahan yang mengiringi terjadinya reaksi vulkanisasi pembentukan faktis cokelat diamati setiap interval 2 menit meliputi perubahan suhu, warna, dan fasa. Reaksi vulkanisasi dihentikan saat terbentuk pasta faktis cokelat dan pengaduk sukar digerakkan. Pasta faktis cokelat dibiarkan mendingin dan memadat. Padatan faktis cokelat yang telah dingin dikeluarkan dari *bekker glass* selanjutnya digiling menggunakan mortar sehingga diperoleh serbuk faktis cokelat.

### Evaluasi Mutu Faktis Cokelat

Evaluasi mutu faktis cokelat diperlukan sebagai dasar penentuan kondisi optimum reaksi vulkanisasi. Evaluasi mutu faktis cokelat di antaranya adalah uji visualisasi (warna, dan tekstur), sifat kimia (uji kadar ekstrak aseton, uji kadar sulfur bebas, kadar abu, pH), uji derajat ikatan silang serta FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*). Prosedur dalam uji derajat ikatan silang mengikuti metode yang digunakan oleh Nag dan Halder (2006) sebagai berikut faktis cokelat dicuci dengan CS<sub>2</sub> selama 24 jam. Setelah pencucian, faktis cokelat disaring dan dikeringkan

pada suhu kamar. Faktis cokelat kering kemudian diuji berat jenisnya. Sisa faktis cokelat untuk pengujian berat jenis, direndam dalam 50 ml *p-xylene* selama 48 jam pada suhu kamar. Akibat perendaman dalam *p-xylene*, faktis cokelat mengalami pengembangan (*swelling*). Faktis cokelat yang mengembang (*swollen factice*) ditimbang dan kembali ditentukan berat jenisnya. Derajat ikatan silang faktis cokelat dihitung berdasarkan Persamaan Flory-Rehner :

$$N' = - \frac{1}{2V_s} \frac{\ln(1 - v_r) + v_r + \chi v_r^2}{v_r^{\frac{1}{2}} - v_r/2}$$

N' adalah derajat ikatan silang polimer (mol/ml), V<sub>s</sub> adalah volume molar *p-xylene* (ml/mol), V<sub>r</sub> adalah fraksi mol *swollen factice*, adalah parameter interaksi faktis cokelat – *p-xylene* sebesar 0,437 (Shelly dan George, 1965 dalam Nag dan Halder, 2006).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Reaksi Vulkanisasi pada Pembentukan Faktis Cokelat

Berlangsungnya reaksi vulkanisasi dalam pembentukan faktis cokelat diindikasikan dengan terjadinya perubahan suhu, fasa, serta warna reaktan. Timbulnya gas H<sub>2</sub>S sebagai hasil samping reaksi dan pemuai volume reaktan turut mengiringi berjalannya reaksi vulkanisasi. Pada awal reaksi, campuran minyak jarak kastor dengan bahan kimia lainnya (reaktan) berwarna kuning jernih dan bersifat encer. Secara perlahan, campuran reaktan berubah warna menjadi cokelat, kental (pasta) serta timbul buih yang menandakan terjalannya ikatan silang antar trigliserida yang dijematani oleh sulfur (gel faktis).

Pemuai volume reaktan sebagai akibat terbentuknya gel faktis cokelat di awal reaksi yang diikuti oleh timbulnya gas H<sub>2</sub>S. Pemuai volume reaktan dapat mencapai 5 hingga 6 kali dari volume reaktan awal (Gambar 1). Pembentukan gas H<sub>2</sub>S terjadi karena adanya penggantian atom H dengan atom S pada dua atom C pusat sebuah trigliserida (Cottoh, 1962). Peristiwa eksotermis pada pembentukan faktis cokelat yang menyebabkan terjadinya perubahan suhu terbentuk karena adanya

pelepasan energi oleh atom C=C dalam molekul trigliserida yang digantikan oleh ikatan C-S dan S-S. Suhu eksotermis tertinggi tercapai sesaat setelah terbentuk gel faktis sebesar 184 °C.

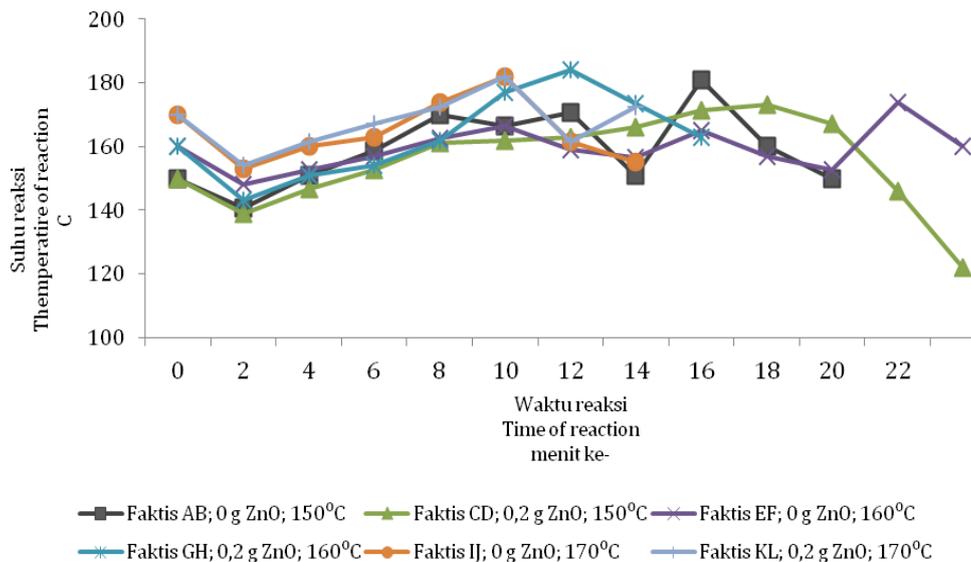
Penambahan reaktan padat (ZnO dan sulfur) menyebabkan suhu turun dan kembali naik dengan berlangsungnya reaksi. ZnO berperan sebagai bahan pengaktif dalam reaksi vulkanisasi yang mendorong kerja sulfur (bahan pemvulkanisasi) semakin optimal sehingga reaksi berlangsung lebih cepat.

Netralisasi minyak jarak kastor yang menurunkan kandungan asam lemak bebas

mempermudah pembentukan gel faktis. Fernando (1971) menyatakan bahwa asam lemak bebas dapat mencegah pembentukan gel faktis sehingga reaksi berlangsung lama. Puspitasari *et al.* (2010), menyatakan bahwa netralisasi minyak nabati harus dilakukan sebelum reaksi pembentukan faktis cokelat untuk meminimalisasi terjadinya reaksi samping yang dapat mengganggu berlangsungnya reaksi vulkanisasi. Selain itu, asam lemak bebas dapat menyebabkan faktis bersifat asam. Sifat asam dikhawatirkan dapat mengganggu kinerja bahan kimia karet lain saat faktis ditambahkan ke dalam pembuatan kompon karet.



Gambar 1. Pemuai volume faktis cokelat saat reaksi vulkanisasi  
 Figure 1. Expansion of brown factice during the vulcanization reaction



Gambar 2. Profil perubahan suhu terhadap waktu reaksi  
 Figure 2. Profile of temperature changes to time of reaction

Tabel 1. Kondisi reaksi vulkanisasi pembentukan faktis cokelat  
Table 1. Vulcanization reaction condition on brown factice formation

Sampel	Dosis ZnO (g)	Perubahan suhu reaksi (°C)		Waktu reaksi (menit)	Waktu gel faktis (menit ke-)	Waktu eksotermis (menit ke-)
		Penambahan reaktan (ZnO, S)	Titik eksotermis tertinggi			
Suhu reaksi = 150 °C						
Faktis AB	0	139-142	171-184	29-35	9-10	12-18
Faktis CD	0,2	138-140	172-174	24-32	10-14	16-22
Suhu reaksi = 160 °C						
Faktis EF	0	144-152	174	22-25	6-8	10-15
Faktis GH	0,2	144-142	174	18	10-11	13-14
Suhu reaksi = 170 °C						
Faktis IJ	0	153	180-184	16-20	6-7	8-9
Faktis KL	0,2	154	180-184	16	4-5	11

Tabel 2. Visualisasi fisik faktis cokelat dan rendemen reaksi vulkanisasi  
Table 2. Physical visualization of brown factice and vulcanization reaction yield

Sampel	Dosis ZnO (g)	Uji Visualisasi			Perhitungan rendemen		
		Warna	Tekstur	Bentuk	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	Rendemen (%)
Suhu reaksi = 150 °C							
Faktis AB	0	Cokelat	Kenyal	Serbuk	250	228,49	91,40
Faktis CD	0,2	Cokelat terang	Kenyal	Serbuk	250,2	229,53	91,74
Suhu reaksi = 160 °C							
Faktis EF	0	Cokelat tua	Kenyal	Serbuk	250	216,15	86,46
Faktis GH	0,2	Cokelat tua	Kenyal	Serbuk	250,2	218,20	87,21
Suhu reaksi = 170 °C							
Faktis IJ	0	Cokelat gelap	Kenyal	Serbuk	250	215,28	86,11
Faktis KL	0,2	Cokelat	Kenyal	Serbuk	250,2	230,88	92,28

### Evaluasi Mutu Faktis Cokelat

Mutu faktis cokelat dinilai berdasarkan visualisasi fisik dan sifat kimia. Sementara itu, perhitungan rendemen digunakan sebagai faktor pendukung dalam menentukan kondisi optimal reaksi. Visualisasi fisik faktis cokelat dan perhitungan rendemen reaksi vulkanisasi dirangkum dalam Tabel 2. Rendemen yang diperoleh pada reaksi vulkanisasi berada pada kisaran 86-92%. Faktis cokelat bermutu baik memiliki tekstur kenyal yang tidak lengket dan mudah dikeluarkan dari reaktor serta dihancurkan menjadi serbuk. Faktis cokelat yang lengket akan sukar dikeluarkan dari reaktor sedangkan faktis cokelat yang memiliki tekstur keras akan menyulitkan pada tahap penggerusan dalam mortar. Kedua faktor tersebut (lengket dan keras) dapat menurunkan rendemen reaksi yang diperoleh, karena menyebabkan kehilangan berat

faktis cokelat saat dikeluarkan dari reaktor dan dihancurkan dalam mortar.

Warna faktis cokelat ditentukan oleh tiga faktor yaitu kandungan asam lemak tak jenuh dalam minyak nabati, dosis penambahan sulfur, dan suhu reaksi. Dalam penelitian ini, kandungan asam lemak tak jenuh dan dosis penambahan sulfur ditetapkan konstan sedangkan suhu reaksi divariasikan. Semakin tinggi suhu maka akan semakin gelap warna faktis cokelat.

Sifat kimia faktis cokelat akan berpengaruh terhadap karakterisasi vulkanisasi kompon dan sifat fisik serta mekanik barang jadi karet saat faktis cokelat tersebut diaplikasikan dalam pembuatan kompon karet. Faktis cokelat terbukti dapat meningkatkan sifat fisika dan mekanik barang jadi karet yang dibuat dari karet alam dan karet sintetik jenis kloroprena. Sifat kimia faktis cokelat ditentukan berdasarkan parameter kadar ekstrak aseton, kadar sulfur bebas, kadar abu, pH, dan

derajat ikatan silang. Kadar ekstrak aseton menunjukkan jumlah minyak yang tidak ter Vulkanisasi, jumlah sulfur yang tidak membentuk ikatan silang diperhitungkan melalui uji kadar sulfur bebas, dan kadar abu menggambarkan kandungan mineral anorganik dalam faktis coklat (Loganathan, 1998). Untuk mengklasifikasikan mutu faktis coklat, parameter-parameter dalam sifat kimia faktis coklat tersebut harus dibatasi.

Tabel 3 menginformasikan hasil pengujian sifat kimia faktis coklat. Kadar sulfur bebas berkisar 1,2–3,4%. Kadar sulfur bebas tersebut tergolong tinggi dan belum seluruhnya memenuhi spesifikasi kadar sulfur bebas pada faktis coklat komersial yang mempersyaratkan sebesar  $1,5 \pm 0,5\%$ . Kadar sulfur bebas yang terlalu tinggi dalam faktis coklat menimbulkan kerugian antara lain dapat memicu terjadinya pravulkanisasi kompon karet saat faktis coklat atau bahkan pemasakan lanjut (*overcure*) saat ditambahkan dalam pembuatan kompon karet dan sulfur *blooming* pada barang jadi karetnya. Sulfur *blooming* adalah munculnya sulfur

karena terdifusi pada permukaan kompon karet maupun barang jadi karet. Sulfur *blooming* dapat menjadi masalah serius dalam industri manufaktur barang jadi karet (Dick, 2006).

Kadar abu faktis coklat yang diperoleh cukup rendah 0,008–0,119%. Carrington (1962) menyatakan kadar abu faktis coklat tidak boleh melebihi 5%. Kadar abu yang tinggi akan menurunkan sifat mekanik barang jadi karet. Kadar abu faktis coklat dipengaruhi oleh penambahan ZnO. Faktis coklat yang disintesis dengan penambahan 0,2 gram ZnO memiliki kadar abu yang lebih tinggi dibandingkan faktis yang disintesis tanpa penambahan ZnO. Hal ini disebabkan oleh ZnO yang bersifat sebagai oksida logam akan berubah menjadi abu saat pembakaran dan pengabuan. Selain oleh ZnO, kandungan abu dalam faktis coklat turut dipengaruhi oleh komponen garam anorganik dalam minyak jarak kastor seperti senyawa karbonat, bikarbonat, dan sulfat. Senyawa tersebut terkandung dalam minyak jarak kastor karena berasal dari unsur hara dalam tanah (Puspitasari *et al.*, 2008).

Tabel 3. Sifat kimia dan derajat ikatan silang faktis coklat  
 Table 3. Chemical properties and crosslink density of brown factice

Sampel	Dosis ZnO (g)	Sifat kimia				Derajat ikatan silang (mol/ml)
		Kadar ekstrak aseton (%)	Kadar sulfur bebas (%)	Kadar abu (%)	pH	
Suhu reaksi = 150 °C						
Faktis AB	0	56,59	3,42	0,030	4,25	$2,7 \times 10^{-5}$
Faktis CD	0,2	63,59	2,89	0,055	4,12	$2,4 \times 10^{-5}$
Suhu reaksi = 160 °C						
Faktis EF	0	68,12	2,91	0,026	3,74	$1,8 \times 10^{-5}$
Faktis GH	0,2	57,63	2,55	0,119	3,74	$2,4 \times 10^{-5}$
Suhu reaksi = 170 °C						
Faktis IJ	0	44,93	1,21	0,008	3,55	$1,7 \times 10^{-5}$
Faktis KL	0,2	54,59	3,22	0,050	3,33	$3,1 \times 10^{-5}$



Gambar 3. Warna faktis (1) coklat terang, (2) coklat, (3) coklat tua, dan (4) coklat gelap  
 Figure 3. Factice color (1) light brown, (2) brown, (3) dark brown, and (4) darker brown

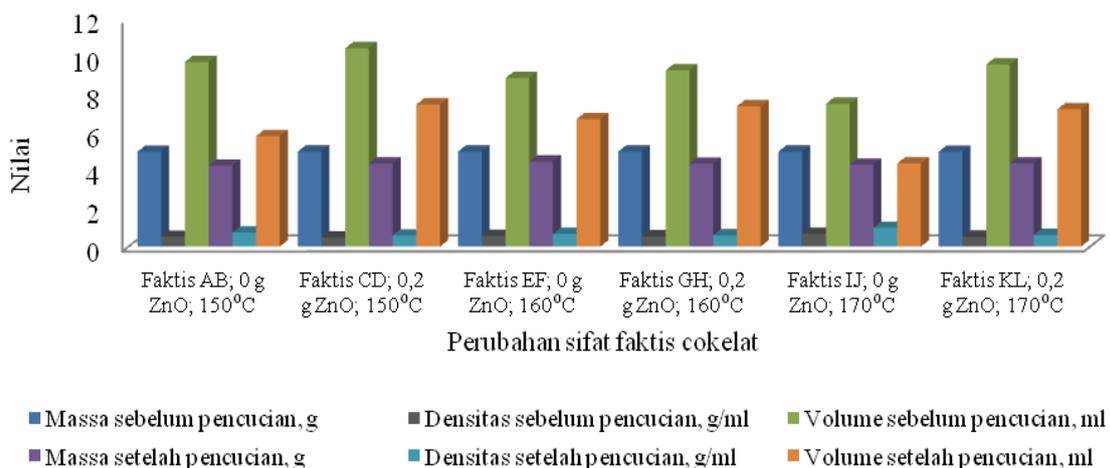
Berdasarkan pengujian pH diketahui faktis coklat bersifat asam. Sifat asam pada faktis coklat ditimbulkan karena terdapatnya sebagian gas  $H_2S$  yang terjebak dalam pori-pori faktis coklat. Faktis coklat bermutu baik seharusnya memiliki pH yang netral atau mendekati netral (Puspitasari *et al.*, 2012). Kadar ekstrak aseton faktis coklat berada pada kisaran 45-68%. Erhan dan Kleiman (1990) mempersyaratkan faktis coklat komersial mutu I memiliki kadar ekstrak aseton di bawah 20%, mutu II 20-35%, dan mutu III di atas 35%. Mengacu pada spesifikasi faktis coklat komersial, maka faktis coklat hasil penelitian diklasifikasikan pada faktis coklat komersial mutu III.

Derajat ikatan silang faktis coklat menggambarkan jumlah ikatan silang antar trigliserida yang dibentuk oleh sulfur saat reaksi vulkanisasi pembentukan faktis coklat. Semakin optimal reaksi vulkanisasi maka semakin tinggi derajat ikatan silang yang terbentuk sehingga dihasilkan faktis coklat bermutu tinggi. Nilai derajat ikatan silang faktis coklat tertinggi diperoleh pada reaksi vulkanisasi yang dikondisikan pada 170 °C dengan penambahan 0,2 gram ZnO. Pada kondisi ini fungsi ZnO sebagai bahan pengaktif reaksi vulkanisasi menunjukkan kinerja yang baik dalam membantu sulfur saat menjalin ikatan silang dengan trigliserida dalam minyak jarak kastor.

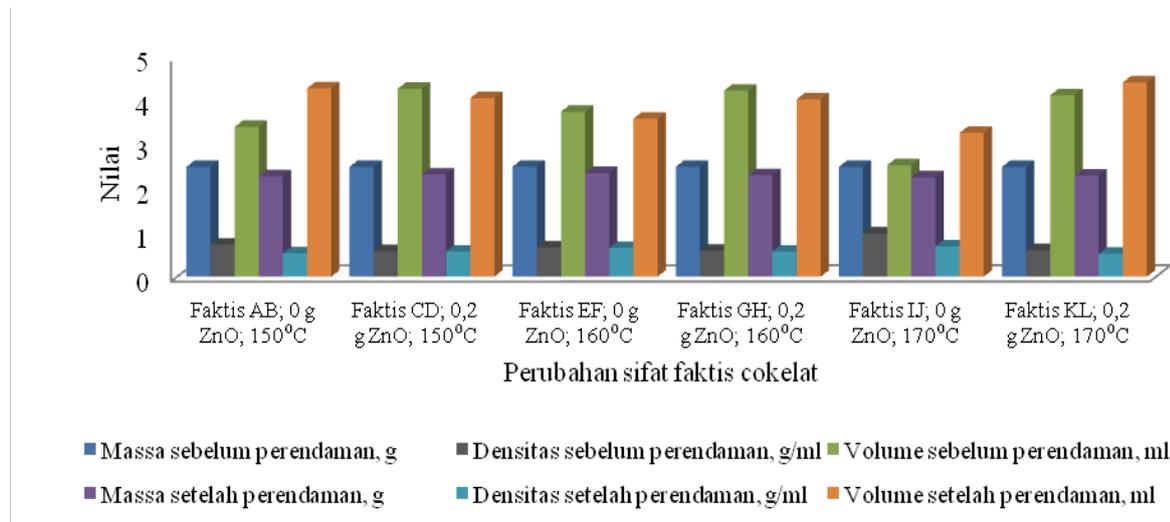
Erham dan Kleiman (1990) serta Ebeuwele *et al.* (2013) telah menunjukkan bahwa beberapa

bahan pencepat (*accelerator*) dan bahan pengaktif (*polimerization initiators*) yang digunakan dalam reaksi vulkanisasi molekul karet dapat juga digunakan pada reaksi vulkanisasi minyak nabati dalam sintesis faktis coklat.

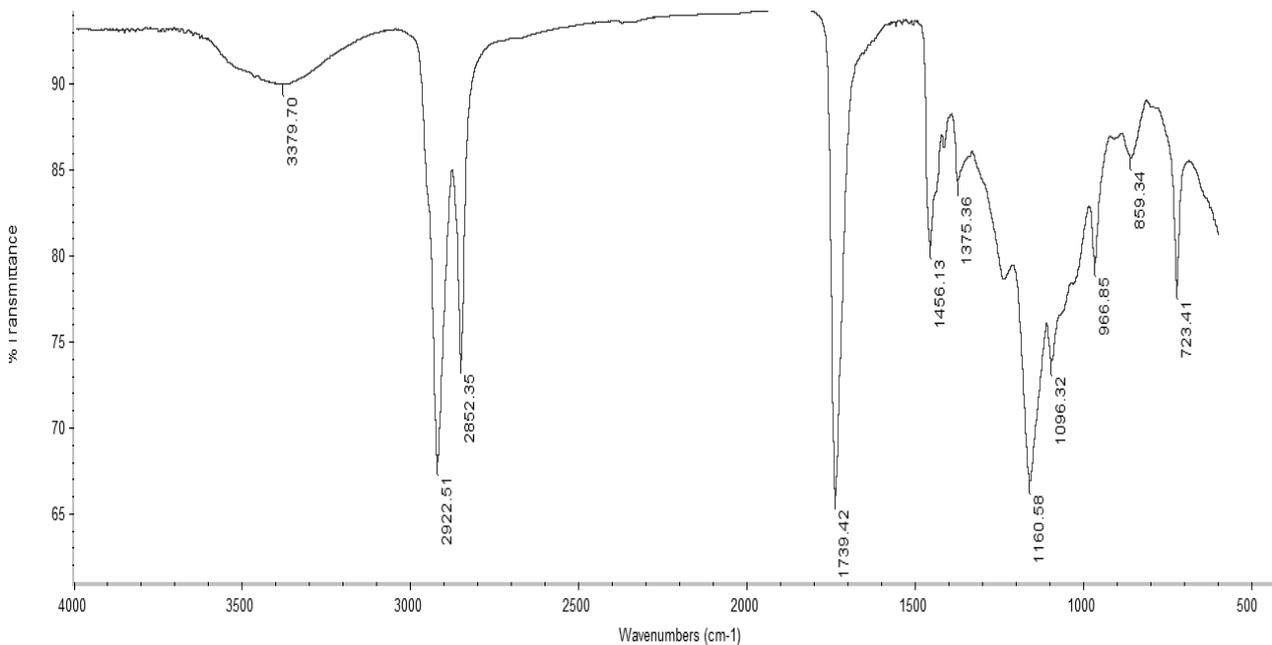
Pencucian faktis coklat menggunakan  $CS_2$  pada tahap awal pengujian derajat ikatan silang menyebabkan terjadinya penurunan massa dan volume tetapi meningkatkan berat jenis faktis coklat (Gambar 4). Penurunan massa terjadi karena saat pencucian, kelebihan (*excess*) sulfur yang tidak bereaksi dengan trigliserida akan terlarut dalam  $CS_2$  (Nag dan Haldar, 2006). Perubahan sifat fisik faktis coklat juga terjadi saat perendaman dalam *p-xylene* (Gambar 5). Pada saat direndam dalam *p-xylene*, faktis coklat akan mengembang (*swelling*). Faktis coklat merupakan hasil polimerisasi yang terbentuk melalui tahap pengelatan (*gelling stage*). Polimer gel mampu menyerap pelarut dalam jumlah besar dan mengalami pengembangan tetapi tidak sampai larut. Pengembangan faktis coklat terjadi karena tercapainya kesetimbangan potensial kimia faktis coklat dengan *p-xylene*. Pengembangan hanya dialami oleh polimer yang struktur molekulnya membentuk ikatan silang tiga dimensi. Sifat *swelling* berkaitan erat dengan derajat ikatan silang. *Swelling* akan mengakibatkan ikatan silang dalam struktur rantai molekul faktis coklat saling menjauh.



Gambar 4. Perubahan sifat fisika faktis coklat saat pencucian dengan  $CS_2$   
Figure 4. Physical properties changes of brown factice during washing process with  $CS_2$



Gambar 5. Perubahan sifat fisika faktis coklat saat perendaman dalam *p*-xylene  
 Figure 5. Physical properties changes of brown factice during soak in *p*-xylene



Gambar 6. Spektrum FTIR (*Fourier Transform Infrared*) faktis coklat  
 Figure 6. Spectrum FTIR (*Fourier Transform Infrared*) of brown factice

Spektrum FTIR faktis coklat (Gambar 6) memperlihatkan adanya serapan yang lemah pada panjang gelombang  $966\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan puncak serapan gugus C=C. Sedangkan pada panjang gelombang  $1160\text{ cm}^{-1}$ ,  $1739\text{ cm}^{-1}$ , dan  $2922\text{--}2852\text{ cm}^{-1}$  tampak adanya intensitas serapan yang tajam dari gugus C=S, C=O, dan C-H. Dengan demikian diketahui bahwa reaksi vulkanisasi dalam pembentukan faktis coklat memutus ikatan rangkap C=C dalam trigliserida minyak jarak kastor dan mensubsitusinya menjadi

ikatan C-S. Ikatan C=O dan C-H adalah ikatan yang terdapat dalam struktur molekul asam lemak risinoleat. Ikatan ini tidak bereaksi dengan atom sulfur. Minyak jarak kastor mengandung sekitar 87% asam lemak risinoleat. Jumlahnya yang besar memberikan efek serapan yang tajam pada spektrum FTIR faktis coklat.

Menurut Muslich (2012) dan Flint (1955) dalam Bintarawati (2007) mekanisme pembentukan ikatan silang dalam faktis coklat mengikuti tahapan sebagai berikut rantai cabang

ketiga (terbawah) pada struktur molekul trigliserida yang digambarkan dalam bentuk huruf “E” akan berputar ke posisi perpanjangan rantai cabang kedua sehingga membentuk struktur trigliserida baru yang menyerupai struktur “garpu tala”. Perputaran ini dapat terjadi karena asam lemak pada rantai cabang ketiga (R3) tidak sama dan memiliki bobot molekul lebih rendah serta cabang yang lebih pendek dibandingkan asam lemak pada rantai pertama (R1) dan kedua (R2). Selanjutnya belerang yang ditambahkan akan mengikat rantai karbon tak jenuh secara intramolekul dan intermolekul pada saat minyak nabati mengalami reaksi vulkanisasi. Ikatan intermolekuler terbentuk melalui ikatan belerang dari ekor ke ekor dari dua molekul trigliserida yang berbeda dalam bentuk “garpu tala”, sedangkan ikatan intramolekuler melewati cabang “garpu tala” pada masing-masing gliserida dalam satu trigliserida yang sama.

### KESIMPULAN

Kondisi optimum pada reaksi vulkanisasi pembentukan faktis cokelat dari minyak jarak kastor pada skala laboratorium (200 ml minyak/*batch*) terjadi pada suhu 170 °C dan dosis penambahan ZnO sebesar 0,2 g. Faktis berwarna cokelat dan bertekstur kenyal. Sifat kenyal dibentuk dari ikatan silang dengan derajat ikatan silang sebesar  $3,1 \times 10^{-5}$  mol/ml. Kadar ekstrak aseton, kadar sulfur bebas, kadar abu, dan pH faktis cokelat secara berurutan sebesar 54,59%; 3,22%; 0,05%; dan 3,33%. Faktis cokelat tersebut dapat diklasifikasi sebagai faktis cokelat komersial mutu III.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bintarawati, D. 2007. Pembuatan faktis gelap dari campuran minyak jarak dengan minyak jagung untuk bahan olah karet. Skripsi Program Sarjana MIPA. Jurusan Kimia. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Carrington, J. H. 1962. Manufacture and Testing of Factice. Symposium on Factice as an Aid to Productivity in the Rubber Manufacture. National College of Rubber Technology. London. p. 15-31.
- Cottow, F. H. 1962. Factice as an Aid to Productivity in the Rubber Industry. Reid Stationary Co Ltd, Manchester. p. 133
- Dick, J. S. 2006. Review of Common Rubber Factory Problems and Published Causes and Solutions Part 1. [www.questia.com](http://www.questia.com) [14 Mei 2013].
- Ebewele, R. O., A. F. Iyayi, and F. K. Hymore. 2010. Synthesis and characterization of vulcanized vegetable oil from rubber seed oil. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 6 (4): 552–556.
- Ebewele, R. O., A. F. Iyayi, F. K. Hymore., S. O. Ohikhena., P. O. Akpaka, and U. Ukpeoyibo. 2013. Polymer processing aid from rubber seed oil, a renewable resource: preparation and characterization. *African Journal of Agricultural Research* 8 (18): 1925–1928.
- Elias, H. G. 1984. Macromolecules: Synthesis, Materials, and Technology. Springer, USA.
- Erham, S. M. and R. Kleiman. 1990. Vulcanized meadowfoam oil. *JAACS*. 67 (10): 670-674.
- Fernando, M. R. N. 1971. Manufacture of dark factice from rubber seed oil. *Q. Jl. Rubb. Res. Inst. Ceylon* 47: 59–64.
- Flint, F. 1955. Factice: Relation of Structure to Properties. Transaction of the Institution of the Rubber Industry. The Institution of the Rubber Industry. London.
- Loganathan, K. S. 1998. Rubber Engineering. Tata McGraw Hill Publishing Company Ltd. New Delhi.
- Mardiyah, S. A. 2011. Pengaruh metode netralisasi dan kecepatan pengadukan terhadap mutu faktis gelap dari minyak jarak (*Castor Oil*). Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Marlina, N. M. Surdia, C. L. Radiman, dan S. Achmad. 2004. Pengaruh variasi konsentrasi asam sulfat pada proses hidroksilasi minyak jarak (*castor oil*). *Jurnal Matematika dan Sains* 9 (2): 249–253.
- Muslich. 2012. Rekayasa pembuatan faktis gelap dari minyak jarak (*Castor Oil*). Disertasi Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nag, A. and S. K. Haldar. 2006. Studies on a newer process of purification of a vegetable oil and its utilization as factice. *KGK Kautschuk Gummi Kunststoffe* 59 (6): 322–327.
- Puspitasari, S., M. I. Faturahman, D. R. Maspanger, H. Handayani, dan Y. Syamsu. 2008. Pembuatan faktis cokelat dari minyak jarak pagar menggunakan reaktor skala semi pilot. Prosiding Seminar Teknik Kimia “Kejuangan”. Universitas Pembangunan Nasional. Yogyakarta, 28 Januari 2008. Hlm. 1-6.
- Puspitasari, S., H. Handayani, dan M. I. Faturahman. 2010. Sintesis faktis cokelat berbahan baku *castor oil* pada variasi metode netralisasi FFA dan kecepatan pengadukan. Prosiding Seminar Nasional Ke-45, Kimia dalam Industri dan Lingkungan. Yogyakarta, 11 November 2010.

- Puspitasari, S., H. Handayani, dan M. I. Faturahman. 2011. Studi of vulcanized *Jatropha curcas* oil synthesise and reactor performace on semi pilot scale. Proceeding the 2<sup>nd</sup> International Seminar on Chemistry. Universitas Padjajaran. Jatinangor, 24-25 November 2011.
- Puspitasari, S., P. U. Jannah, dan Y. Syamsu. 2012. Sintesis dan aplikasi faktis cokelat dari minyak jarak pagar pada pembuatan vulkanisat selang gas LPG. *Jurnal Penelitian Karet* 30 (1): 54-64.
- Shelly, D. R. and W. George. 1965. Physico-chemical studies of factice from vegetable oil. In Nag, A. and S. K. Haldar. 2006. Studies on a Newer Process of Purification of a Vegetable Oil and Its Utilization as Factice. *KGK Kautschuk Gummi Kunststoffe* 59 (6): 322-327.
- Simpson. 2002. Rubber Basics. Rapra Technology Ltd. United Kingdom.