

PENGARUH ORGANOBENTONIT DAN ASAM STEARAT TERHADAP KARAKTERISTIK PEMATANGAN DAN SIFAT MEKANIK VULKANISAT KARET ALAM

Effect of Organobentonite and Stearic Acid on Curing Characteristic and Mechanical Properties of Natural Rubber Vulcanizates

Arief RAMADHAN^{1,2}, Bambang SOEGIJONO², dan M. Irfan FATHURROHMAN^{1,2}

¹Pusat Penelitian Karet,
Jalan Salak No. 1 Bogor 16151
Email : arif@bptkbg.com

²Ilmu Material, Universitas Indonesia
Gedung Fakultas Ilmu Keperawatan Lantai 3, Jalan Salemba Raya No. 4 Jakarta

Diterima : 20 November 2013 / Direvisi : 5 Desember 2013 / Disetujui : 23 Januari 2014

Abstract

Organobentonite has been successfully synthesized from natural bentonite with the addition of surfactant. Organobentonite is used as an alternative filler material in natural rubber compound. All compounds were made by using the method of melting compound in the open mill. The results showed that the maximum torque (S_{max}), minimum torque (S_{min}), and torque difference ($S_{max}-S_{min}$) of natural rubber filled with organobentonite (NR/OB) compound was higher than unfilled natural rubber (NR) and bentonite filled natural rubber (NR/B) compound, which indicated that the crosslink density between the molecules of rubber and sulfur was more created on NR/OB. The use of organobentonite and stearic acid on natural rubber compound accelerated the optimum cure time (t_{90}) and scorch time (ts_2) also mechanical properties on NR/OB vulcanizates were increased compared with the mechanical properties of NR and NR/B vulcanizates. Stearic acid use on organobentonite with exsitu method (NR/S-OB) improved the mechanical properties of natural rubber vulcanizates compared with insitu method (NR/OB) and had some better mechanical properties compared with carbon black filled natural rubber (NR/CB) vulcanizates.

Keywords: *Natural rubber, bentonite, organobentonite, stearic acid, mechanical properties, filler*

Abstrak

Organobentonit telah berhasil disintesis dari bentonit alam dengan penambahan surfaktan. Organobentonit ini digunakan sebagai alternatif bahan pengisi pada kompon karet alam. Seluruh kompon dibuat dengan menggunakan metode pelelehan kompon di dalam gilingan

terbuka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa torsi maksimum (S_{max}), torsi minimum (S_{min}), dan perbedaan torsi ($S_{max}-S_{min}$) pada kompon karet alam dengan bahan pengisi organobentonit (NR/OB) lebih tinggi daripada kompon karet alam tanpa bahan pengisi (NR) dan kompon karet alam dengan bahan pengisi bentonit (NR/B), yang menunjukkan bahwa derajat ikatan silang antara molekul karet dengan bahan pemvulkanisasi (belerang) semakin banyak terbentuk pada NR/OB. Pemakaian organobentonit dan asam stearat pada kompon karet alam mempercepat waktu kematangan optimum (t_{90}) dan waktu pematangan dini (ts_2). Sifat mekanik pada vulkanisat NR/OB juga mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan sifat mekanik pada vulkanisat NR dan NR/B. Pemakaian asam stearat pada organobentonit secara eksitu (NR/S-OB) lebih meningkatkan sifat mekanik vulkanisat karet alam dibandingkan secara insitu (NR/OB) dan memiliki beberapa karakteristik sifat mekanik vulkanisat karet alam yang lebih baik daripada vulkanisat karet alam yang berbahan pengisi *carbon black* (NR/CB).

Kata kunci: Karet alam, bentonit, organobentonit, asam stearat, sifat mekanik, bahan pengisi

PENDAHULUAN

Pada pembuatan suatu produk karet, pembuat kompon sering kali menambahkan bahan pengisi yang bersifat menguatkan, bertujuan untuk meningkatkan modulus, kuat tarik, ketahanan sobek dan ketahanan kikis dari vulkanisat karet (Arroyo *et al.*, 2003). Bahan pengisi menguatkan yang umum digunakan dalam pembuatan barang jadi karet adalah

carbon black, namun penggunaannya terbatas pada produk karet yang berwarna hitam, dikarenakan produk barang jadi karet yang dihasilkannya menjadi hitam. *Carbon black* terbuat dari minyak bumi yang sumbernya mulai terbatas serta dapat menyebabkan polusi dan indikasi karsinogenik bagi pembuat kompon (International Carbon Black Association, 2004). Di Indonesia, saat ini pasokan *carbon black* masih kurang sebanyak 90.000 ton/tahun. Hal ini karena didorong oleh permintaan yang cukup tinggi dari industri ban. Pembuatan *carbon black* di Indonesia masih mengandalkan bahan baku impor.

Para peneliti sekarang ini sedang memfokuskan untuk mengembangkan bahan pengisi yang bersifat menguatkan untuk mengganti *carbon black* dalam kompon karet. Kaolin dan silika merupakan bahan pengisi yang bersifat menguatkan dan tidak berwarna hitam. Tetapi, sifat penguatan dari kedua bahan pengisi ini lebih rendah bila dibandingkan dengan *carbon black* (Arroyo *et al.*, 2003). Hal ini dikarenakan bahan pengisi tersebut tidak memiliki kompatibilitas dengan matrik polimer karena bersifat polar dan higroskopis. Alternatif bahan pengisi lain adalah dengan menggunakan lempung silikat, seperti monmorilonit, hektorit dan lain sebagainya yang telah digunakan sebagai bahan pengisi penguat pada polimer karena memiliki aspek rasio yang tinggi (Lopez-Manchado *et al.*, 2003). Mineral lempung tersusun dari lembaran silikat dengan ketebalan 1 nm dan panjang lateral 200 – 300 nm bergantung dari jenis mineral silikat (Alexandre dan Dubois., 2000).

Monmorilonit merupakan salah satu mineral silikat yang memiliki kisi kristal yang berupa lapisan dua dimensi yang terdiri atas lembaran oktahedral di bagian tengah (Al atau Mg) diapit oleh dua lembaran tetrahedral silika (Lopez-Manchado *et al.*, 2003). Lapisan dipisahkan oleh spasi yang biasanya disebut galeri atau *interlayer*. Lapisan monmorilonit bermuatan negatif dan selalu diseimbangkan dengan Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , atau K^+ yang secara alami terdapat di dalam lapisan monmorilonit (Juwono dan Edward., 2006).

Monmorilonit bersifat hidrofilik dan tidak kompatibel dengan beberapa jenis polimer yang bersifat hidrofobik, seperti

karet alam. Namun kation logam yang terdapat di dalam *interlayer* dapat ditukar dengan ion onium seperti garam kuartenari amonium menghasilkan lempung organofilik yang dinamakan *organoclay*. Modifikasi permukaan dari platelet tersebut bertujuan untuk merubah sifat lempung yang hidroflik menjadi hidrofobik, sehingga meningkatkan eksfoliasi dalam matrik polimer (Pluart *et al.*, 2002).

Bentonit merupakan istilah untuk lempung yang kandungan utamanya terdiri dari mineral monmorilonit. Kandungan monmorilonit pada bentonit lebih dari 50% (Bergaya *et al.*, 2011). Endapan bentonit Indonesia tersebar di Jawa, Sumatera, sebagian Kalimantan dan Sulawesi, dengan cadangan diperkirakan lebih dari 380 juta ton. Bentonit terdiri dari 2 jenis, yaitu Na-bentonit dan Ca-bentonit. Selama ini Na-bentonit digunakan untuk bahan perekat, pengisi, lumpur bor, sesuai sifatnya mampu membentuk suspensi kental setelah bercampur dengan air, sedangkan Ca-bentonit banyak dipakai sebagai bahan penyerap. Bentonit dengan kandungan monmorilonit yang besar dapat dimodifikasi menjadi bahan yang kompatibel dengan karet. Organobentonit adalah bentonit alam yang telah dimodifikasi dengan surfaktan organik menjadi bahan yang bersifat hidrofobik.

Sejak para peneliti dari grup Toyota berhasil membuat nanokomposit poliamida/*organoclay*, para peneliti memfokuskan untuk melakukan penelitian dengan menggunakan polimer yang berbeda, salah satunya karet alam. Sifat-sifat yang diamati oleh para peneliti sebagian besar adalah sifat mekanik seperti yang dilakukan oleh Arroyo *et al* (2003) yang membuat nanokomposit NR/*organoclay* sebanyak 10 *phr* dengan sifat mekanik yang setara dengan 40 *phr* karbon hitam.

Penelitian mengenai pembuatan dan karakteristik sifat nanokomposit NR/*organoclay* masih terus berlanjut dengan mengamati pengaruh *organoclay* terhadap sifat-sifat nanokompositnya. Namun penelitian lebih banyak dilakukan dengan *organoclay* yang sudah banyak dijual dengan nama dagang Cloisite (Cervantes-Uc *et al.*, 2007; Mohan *et al.*, 2011), Nanomer (Teh *et al.*, 2004; Yong Ma *et al.*, 2008) dan Dellite (Ramorino *et al.*, 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk membuat organobentonit dari bentonit alam yang ada di Indonesia dengan menggunakan surfaktan organik yang bersifat kationik, serta untuk mengamati pengaruh penambahan organobentonit tersebut terhadap karakteristik pematangan dan sifat mekanik vulkanisat karet yang dibandingkan dengan kontrol vulkanisat karet tanpa bahan pengisi, vulkanisat karet berbahan pengisi bentonit alam, vulkanisat karet berbahan pengisi *carbon black* dan vulkanisat karet berbahan pengisi organobentonit yang diekspansi dengan menggunakan asam stearat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Pabrik Percobaan Pusat Penelitian Karet selama periode Februari hingga Agustus 2013. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah bentonit alam dari Bogor. Untuk membuat organobentonit digunakan surfaktan berbahan organik, yaitu *Dihydrogenated Tallowylethyl Hydroxyethylmonium Methosulfate*. Pada proses sintesis organobentonit ini digunakan pula Na_2CO_3 15% dan HCl 1M. Untuk membuat nanokomposit digunakan karet alam jenis SIR 20 dan bahan kimia kompon karet seperti asam stearat, ZnO, *N-cyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide* (CBS), dan belerang dengan *grade* komersial.

Sintesis Organobentonit

Pembuatan organobentonit dilakukan dengan menggunakan proses pertukaran kation sesuai dengan metode yang dilakukan oleh Chakraborty *et al* (2010). Bentonit sebanyak 250 gram didispersikan di dalam 7 liter akuades. Dispersi dilakukan di dalam reaktor mini yang dilengkapi dengan pengaduk dan pengendali suhu. Bentonit didispersikan dengan cara diaduk pada 150 rpm pada suhu 80°C selama 1 jam. Na_2CO_3 (15% w/w) ditambahkan ke dalam dispersi bentonit panas dan diaduk kembali pada suhu dan kecepatan putar pengaduk yang sama selama 4 jam. pH dari larutan diatur sekitar 5 dengan cara menambahkan asam klorida 1 M. Surfaktan kationik dengan dosis 4 KTK ditambahkan ke dalam dispersi bentonit pada suhu dan kecepatan putar pengaduk yang sama selama 2 jam.

Organobentonit hasil reaksi pertukaran kation disaring dan dicuci dengan menggunakan air panas untuk menghilangkan ion klorida yang terdapat di dalam larutan. Pengecekan ion klorida di dalam larutan dilakukan dengan meneteskan larutan perak nitrat 0,5 % b/v sampai tidak terbentuk endapan putih. Organobentonit dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C dan kemudian digerus dengan menggunakan mortar sampai berukuran 200 *mesh*.

Karakterisasi Organobentonit

Organobentonit yang telah dihasilkan dikarakterisasi menggunakan Difraktometer sinar-X, dengan CuK ($= 0,1542 \text{ nm} = 1,542 \text{ \AA}$) sebagai target radiasi pada tegangan 40 kV dan arus 30 mA. Data difraksi sinar-X dari organobentonit ditinjau pada sudut 2θ dari $2^\circ - 10^\circ$ dengan kecepatan pembacaan 1/menit dan cuplikan sampel diambil setiap $0,02^\circ$. Perhitungan nilai basal spasi (*d-spacing*) organobentonit menggunakan Hukum Bragg (persamaan 1 yang dibandingkan dengan bentonit alam untuk melihat perubahan nilai basal spasi akibat penambahan surfaktan.

$$= 2d \sin \theta \dots \text{Persamaan 1}$$

Karakterisasi organobentonit juga dilakukan dengan metode spektroskopi infra merah, menggunakan alat *Attenuated Total Reflectance Infra Red* (ATR-IR) untuk mengetahui masuknya surfaktan *Tetranyl* ke dalam bentonit dengan melihat spektrum khas surfaktan yang terdapat pada organobentonit hasil sintesis. Spektrum ATR-IR diukur pada rentang bilangan gelombang 4000 cm^{-1} sampai 800 cm^{-1} .

Pembuatan Kompon dan Vulkanisasi Kompon Karet

Proses pencampuran organobentonit atau bahan pengisi pembanding ke dalam karet alam dilakukan dengan menggunakan gilingan terbuka (*open mill*) dengan perbandingan kecepatan rol 1:1,4. Suhu gilingan dijaga pada suhu $60 \pm 5^\circ\text{C}$. Karet alam dimastikasi terlebih dahulu selama 2 menit, kemudian ditambahkan ZnO dan asam stearat. Organobentonit atau bahan pengisi pembanding dicampur ke dalam kompon selama 10 menit. Terakhir

ditambahkan bahan pencepat *N-cyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide* (CBS), dan belerang. Kompon karet di simpan pada suhu ruang selama minimal 16 jam. Formulasi kompon disajikan pada Tabel 1.

Pembuatan bahan pengisi S-OB dilakukan dengan cara pencampuran diikuti penggerusan asam stearat dan organobentonit (S:OB = 2:10 %w) dengan mortar dalam cawan porselin sampai tercampur merata selama 30 menit. Hasil campuran dioven selama satu jam pada suhu 100°C (Ma *et al.*, 2008). Hasil campuran asam stearat-organobentonit setelah dioven

kemudian diangkat dan didinginkan, selanjutnya digerus kembali dengan mortar sampai halus dan disaring menggunakan saringan 200 mesh.

Waktu vulkanisasi ditentukan dengan menggunakan *Moving Die Rheometer* (MDR 2000) pada suhu 150°C sesuai ISO 6502. Kompon kemudian dicetak menggunakan alat dengan ketebalan 2 mm menggunakan *compression moulding* dengan tekanan 9,8 kg/cm², pada suhu 150°C dengan waktu pematangan yang didapat dari hasil pengukuran rheometer.

Tabel 1. Formulasi kompon karet yang dipelajari
Table 1. Formulation of the studied rubber compound

Bahan Material	Kompon karet (bsk) Rubber compound (phr)				
	NR	NR/B	NR/OB	NR/S-OB	NR/CB
SIR 20	100	100	100	100	100
Seng oksida	5	5	5	5	5
Asam stearat	2	2	2	-	2
Bentonite	-	10	-	-	-
Organobentonite	-	-	10	-	-
Organobentonite- Stearic Acid (S-OB)	-	-	-	12	-
Carbon Black	-	-	-	-	10
CBS	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Sulfur	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

Karakteristik Pematangan Kompon

Karakterisasi pematangan kompon yang terdiri atas waktu pemasakan dini (*scorch*, t_{s_2}), waktu matang optimum (t_{90}), torsi maksimum (S_{max}), torsi minimum (S_{min}), dan perbedaan torsi ($S = S_{max} - S_{min}$) diukur dengan menggunakan alat rheometer MDR 2000, sesuai dengan ISO 6502 pada suhu 150°C. Kompon kemudian dicetak dengan menggunakan cetakan bertekanan dengan tekanan 9,8 kg/cm², pada suhu 150°C dengan waktu pematangan yang didapat dari hasil pengukuran rheometer. Contoh uji dicetak dengan ketebalan 2 mm.

Pengujian Sifat Mekanik Vulkanisat

Sifat mekanik yang diuji pada penelitian ini terdiri atas kuat tarik, perpanjangan putus, modulus 100%, modulus 300%, kekerasan, dan kekuatan

sobek. Sifat kuat tarik, modulus 100%, modulus 300% dan perpanjangan putus komposit diukur dengan *universal testing machine* Lloyd sesuai dengan ISO 37 menggunakan *dumbbell* tipe 2.

Kekerasan komposit diukur dengan menggunakan Shore A durometer sesuai dengan ISO 7619. Uji kekuatan sobek dari vulkanisat contoh uji berbentuk *trouser* dengan panjang 60 mm, lebar 30 mm dan ketebalan 2 mm sesuai dengan metode uji ISO 34-2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Instron Universal Testing Machine* dengan kecepatan 50 mm/menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

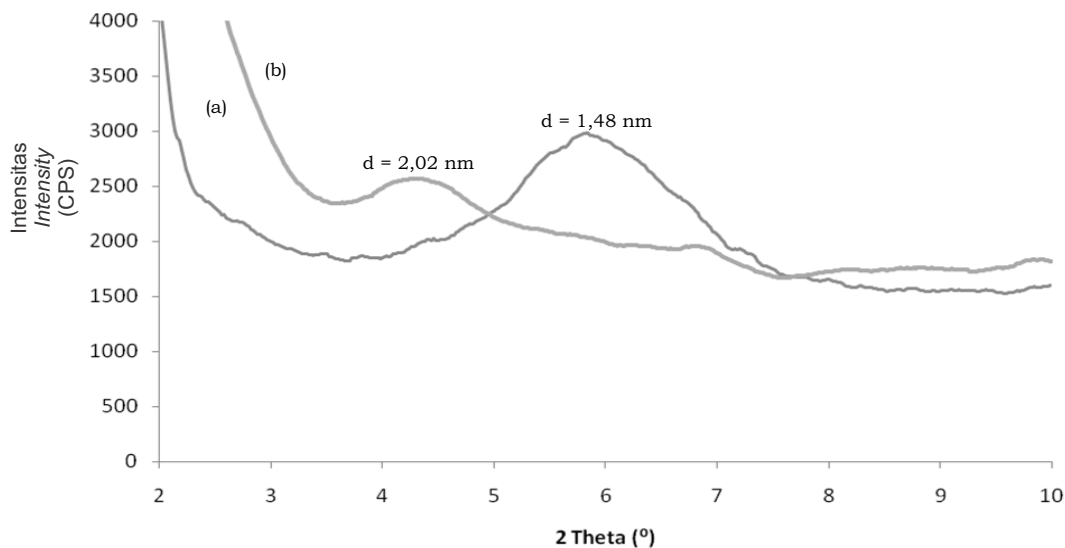
Karakteristik Organobentonit

Gambar 1 memperlihatkan pola difraksi sinar-X (XRD) dari bentonit (a) dan

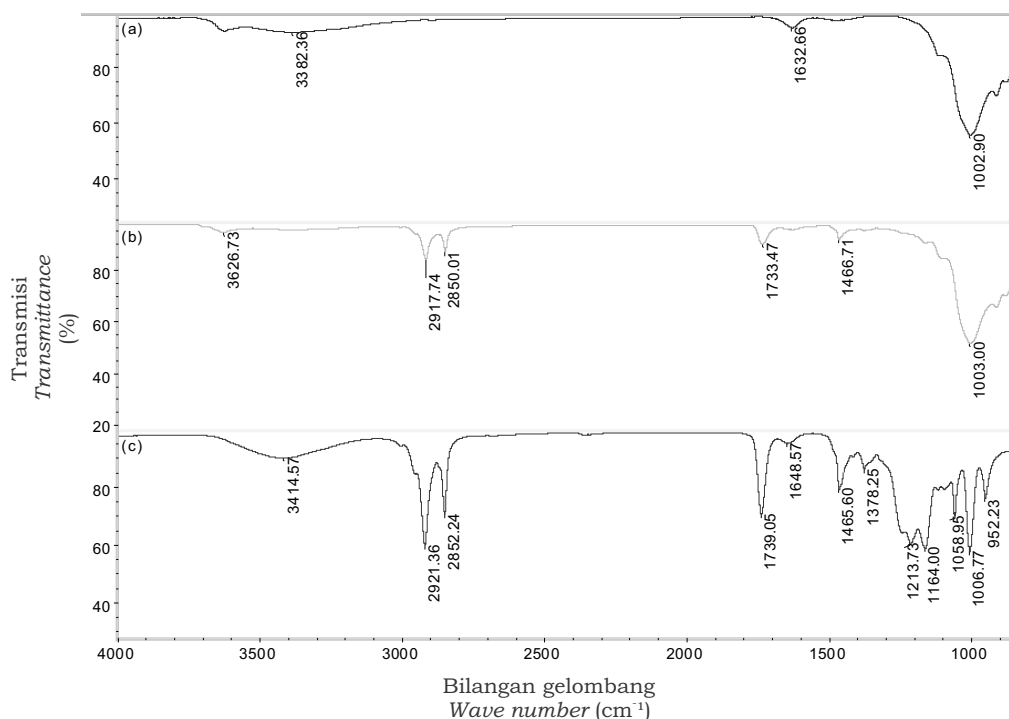
organobentonit (b). Contoh uji bentonit memperlihatkan adanya puncak difraksi pada $2\theta = 5,96^\circ$ dengan basal spasi sebesar 1,48 nm sesuai dengan Hukum Bragg. Setelah penambahan surfaktan, pada organobentonit terjadi pergeseran puncak difraksi pada sudut yang lebih rendah ($2\theta =$

$4,38^\circ$), artinya terjadi peningkatan basal spasi menjadi 2,02 nm.

Selanjutnya pada Gambar 2 diperlihatkan spektrum ATR-IR dari bentonit dan organobentonit yang telah dimodifikasi dengan surfaktan organik.



Gambar 1. Pola difraksi sinar-X dari bentonit (a) dan organobentonit (b)
 Figure 1. X-ray diffraction patterns of bentonite (a) and organobentonite (b)



Gambar 2. Spektra ATR-IR dari bentonit (a), organobentonit (b), dan surfaktan (c)
 Figure 2. ATR-IR spectra of bentonite (a), organobentonite (b), and surfactant (c)

Spektrum infra merah dari organobentonit (Tabel 2) memperlihatkan empat pita serapan baru yang tidak terdapat pada bentonit, yaitu pada bilangan gelombang 2917,74 cm^{-1} , 2850,01 cm^{-1} , 1733,47 cm^{-1} , dan 1466,71 cm^{-1} . Keempat pita serapan tersebut adalah pita serapan khas yang ada pada surfaktan *Tetranyl*, yaitu pada bilangan gelombang 2921,36 cm^{-1} dan 2852,24 cm^{-1} yang merupakan pita serapan vibrasi uluran antisimetri dan

simetri CH_2 (Arroyo *et al.*, 2003), bilangan gelombang 1739,05 cm^{-1} yang menandakan gugus fungsi ester, dan bilangan gelombang 1465,50 cm^{-1} yang merupakan pita serapan vibrasi gunting CH_2 (Hongping *et al.*, 2004). Sementara itu, pita serapan pada bilangan gelombang 1632,66 cm^{-1} yang merupakan pita serapan vibrasi tekuk H_2O di bentonit menjadi hilang atau berkurang intensitasnya pada organobentonit mengindikasikan berkurangnya jumlah

Tabel 2. Interpretasi Spektra ATR-IR
Table 2. Interpretation of ATR-IR spectra

Contoh Samples	Bilangan gelombang Wavenumbers (cm^{-1})	Gugus fungsi dan vibrasi Functional group and vibration
Bentonit	3382,36	Vibrasi ulur O-H dalam H_2O
	1632,66	Vibrasi tekuk H-O-H dalam H_2O
	1002,90	Vibrasi ulur Si-O
Organobentonit	3626,73	Vibrasi ulur O-H dalam H_2O
	2917,74	Vibrasi ulur antisimetri C-H dalam metilene ($-\text{CH}_2-$)
	2850,01	Vibrasi ulur simetri C-H dalam metilene ($-\text{CH}_2-$)
	1733,47	Gugus fungsional ester (C=O dalam COOR)
	1466,71	Vibrasi gunting CH_2
	1003,00	Vibrasi ulur Si-O
Surfaktan	2921,36	Vibrasi ulur antisimetri C-H dalam metilene ($-\text{CH}_2-$)
	2852,24	Vibrasi ulur simetri C-H dalam metilene ($-\text{CH}_2-$)
	1739,05	Gugus fungsional ester (C=O dalam COOR)
	1465,50	Vibrasi gunting CH_2

molekul air akibat pertukaran kation dengan ion amonium kwartener dari surfaktan.

Adanya kenaikan nilai basal spasi pada karakterisasi difraksi sinar-X dan masuknya pita serapan khas surfaktan pada organobentonit mengindikasikan bahwa surfaktan telah berhasil masuk ke dalam interlayer bentonit membentuk organobentonit.

Karakteristik Pematangan Kompon Karet Alam dengan Variasi Bahan Pengisi

Karakterisasi pematangan kompon karet alam dengan variasi bahan pengisi, yaitu bentonit (NR/B), organobentonit (NR/OB), campuran organobentonit/asam stearat (NR/S-OB), *carbon black* (NR/CB) dan tanpa bahan pengisi (NR), disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik pematangan kompon karet
Table 3. Curing characteristics of rubber compound

Karakteristik pematangan Curing characteristics	NR	NR/B	NR/OB	NR/S-OB	NR/CB
S_{max} (kg-cm)	7,22	6,74	7,92	7,56	8,63
S_{min} (kg-cm)	0,1	0,15	0,26	0,33	0,15
S (kg-cm)	7,12	6,59	7,66	7,23	8,48
t_{90} (min)	7,32	6,55	4,39	3,41	6,56
ts_2 (min)	4,25	3,34	2,02	1,3	3,21

Penggunaan bentonit alam ke dalam kompon karet alam sebagai bahan pengisi (NR/B) menurunkan torsi maksimum (S_{max}) dari kompon karet alam tanpa bahan pengisi (NR). Hal ini disebabkan oleh kompatibilitas yang rendah antara bentonit alam yang bersifat hidrofilik dengan polimer karet alam yang bersifat hidrofobik (Arroyo, 2003). Sedangkan pada kompon karet alam yang menggunakan organobentonit (NR/OB dan NR/S-OB) didapatkan peningkatan nilai torsi maksimum dari NR dan NR/B. Hal ini membuktikan bahwa surfaktan yang ditambahkan pada bentonit mampu meningkatkan hidrofobisitas dari organobentonit yang dihasilkan, sehingga terdapat kompatibilitas yang baik antara karet alam dan organobentonit. Torsi maksimum juga terkait dengan nilai *storage modulus* dan peningkatan nilainya dapat disebabkan adanya interaksi karet/*clay* termasuk interkalasi dan atau eksfoliasi dari *clay* di dalam matriks karet alam (Teh *et al.*, 2004).

Perbedaan torsi dari kompon NR/OB dan NR/S-OB memiliki tren yang sama dengan torsi maksimum, yaitu nilainya lebih besar daripada NR dan NR/B. Perbedaan dari torsi maksimum dan torsi minimum ($S_{max} - S_{min}$) atau perbedaan torsi terkait dengan derajat ikatan silang dari vulkanisat karet (Teh *et al.*, 2004) dan berpengaruh langsung terhadap kekerasan dari vulkanisat komponnya. Semakin besar nilai perbedaan torsi, maka semakin banyak ikatan silang yang terbentuk antara molekul karet dengan bahan pemvulkanisasi belerang dan dihasilkan ciri-cirinya berupa nilai kekerasan yang lebih besar.

Torsi minimum dari kompon NR/OB dan NR/S-OB juga lebih besar bila dibandingkan dengan NR dan NR/B. Torsi minimum terkait dengan viskositas kompon sebelum vulkanisasi (Teh *et al.*, 2004). Viskositas yang lebih tinggi merupakan bukti adanya kompatibilitas yang baik antara karet alam yang hidrofobik dan organobentonit yang telah bersifat hidrofobik.

Waktu matang optimum (t_{90}) dan waktu *scorch* (ts_2) dari kompon yang mengandung organobentonit lebih singkat bila dibandingkan dengan kompon karet alam tanpa pengisi. Hal ini menunjukkan

bahwa *organoclay* juga dapat digunakan sebagai bahan pencepat pada proses vulkanisasi karet alam dengan menggunakan belerang. Adanya grup amina dari surfaktan dalam struktur silikat organobentonit dapat bereaksi dengan Zn dan sulfur membentuk kompleks Zn-sulfur-ammonium yang berfungsi sebagai pencepat dalam proses vulkanisasi karet alam (Kim *et al.*, 2006).

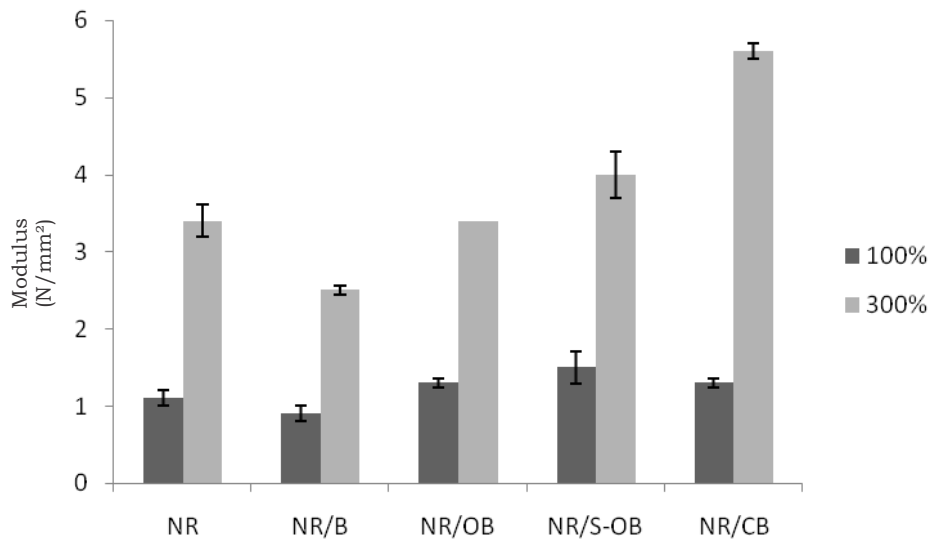
Sifat Mekanik Vulkanisat Karet Alam dengan Variasi Bahan Pengisi

Modulus 100% dan 300% dari vulkanisat karet alam dengan variasi bahan pengisi disajikan pada Gambar 3. Pada gambar tersebut terlihat bahwa nilai modulus 100% dan 300% dari vulkanisat NR/B lebih kecil daripada vulkanisat NR. Kompatibilitas yang rendah antara bentonit yang hidrofilik dengan karet alam yang hidrofobik mengakibatkan dispersi bentonit yang kurang baik dalam matriks karet alam. Sedangkan modulus 100% dan 300% dari vulkanisat NR/OB dan NR/S-OB lebih tinggi daripada vulkanisat NR dan vulkanisat NR/B. Hal ini dikarenakan tingginya aspek rasio dan luas permukaan yang besar dari organobentonit yang meningkatkan interaksi intermuka antara organobentonit dan NR. Peningkatan modulus adalah akibat dari dispersi yang baik dan kompatibilitas yang baik dari organobentonit di dalam matriks karet alam (Zhang dan Loo, 2008). Penambahan asam stearat pada kompon secara eksitu (NR/S-OB) dapat meningkatkan modulus 100% dan 300% lebih baik daripada NR/OB, dikarenakan asam stearat dapat terinterkalasi ke dalam galeri organobentonit, meningkatkan basal spasi organobentonit, sehingga memudahkan molekul karet masuk ke dalam galeri organobentonit menghasilkan pembentukan nanostruktur dari komposit (Das *et al.*, 2010).

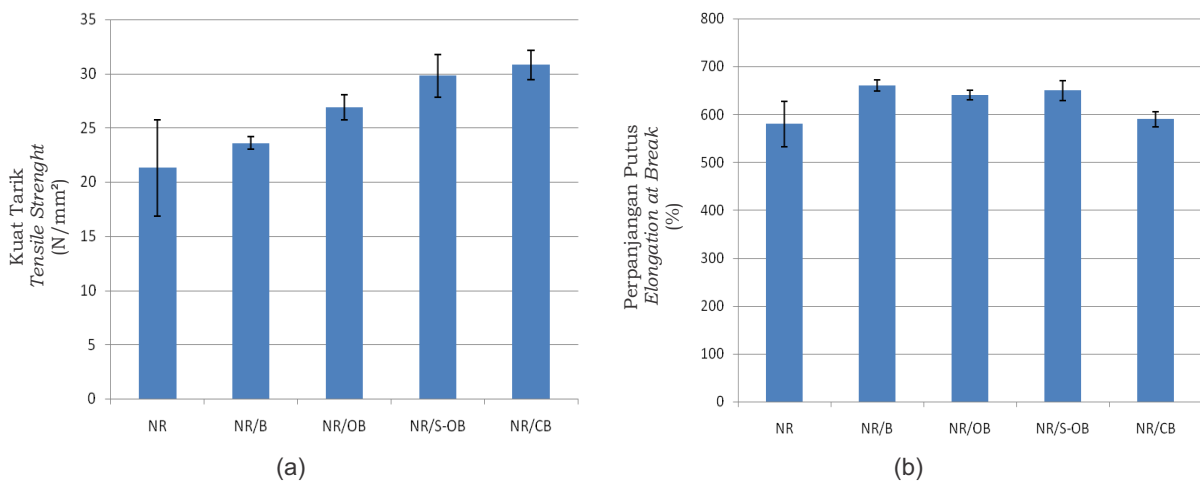
Pada Gambar 4 (a) diperlihatkan bahwa kuat tarik dari vulkanisat NR/OB lebih tinggi daripada vulkanisat NR. Hal ini mengindikasikan bahwa organobentonit bertindak sebagai bahan pengisi penguat (*reinforcing filler*) pada matriks karet alam seperti halnya *carbon black*. Sebagai perbandingan, pada jumlah bahan pengisi yang sama, vulkanisat NR/OB juga memiliki kuat tarik yang lebih tinggi daripada

vulkanisat NR/B. Hasil ini mengindikasikan bahwa organobentonit lebih kompatibel dan memiliki dispersi yang lebih baik dalam matriks karet alam dibandingkan dengan bentonit yang belum dimodifikasi dengan surfaktan. Vulkanisat NR/S-OB memberikan nilai kuat tarik yang lebih besar, dikarenakan interkalasi yang lebih baik dari organobentonit dengan penambahan asam stearat, sedangkan pada

Gambar 4 (b), diperlihatkan bahwa nilai perpanjangan putus dari vulkanisat NR/OB lebih tinggi daripada pada NR/CB. Ini berarti efek penguatan yang diberikan oleh organobentonit masih dapat mempertahankan sifat elastisitas dari karet alam dibandingkan dengan *carbon black*. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Arroyo *et al.* (2003).



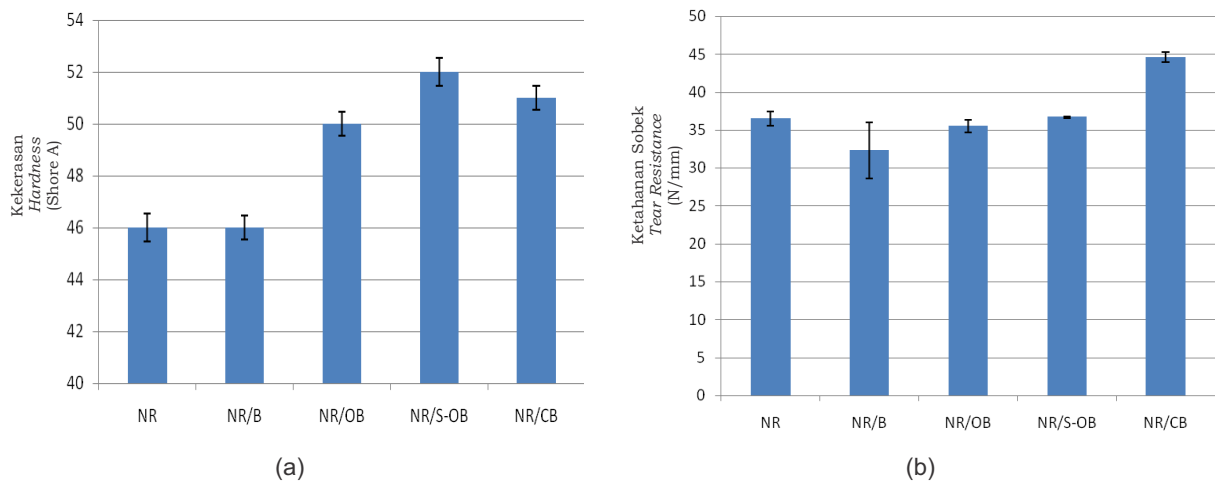
Gambar 3. Modulus 100% dan 300% vulkanisat karet alam dengan variasi bahan pengisi
 Figure 3. Modulus 100% and 300% of natural rubber vulcanizate with variation of filler



Gambar 4. Kuat tarik (a) dan perpanjangan putus (b) vulkanisat karet alam dengan variasi bahan pengisi
 Figure 4. Tensile strength (a) and elongation at breaks (b) of natural rubber vulcanizate with various filler

Sesuai dengan hasil pada karakteristik pematangan kompon, pada Gambar 5 (a) diperlihatkan nilai kekerasan dari vulkanisat NR/OB dan NR/S-OB yang lebih besar daripada vulkanisat NR dan vulkanisat NR/B. Hal ini disebabkan oleh peran organobentonit sebagai bahan pengisi penguat di dalam matriks karet alam yang diakibatkan oleh interkalasi dan ekspansi galeri organobentonit oleh surfaktan dan asam stearat di dalam matriks karet alam, namun organobentonit dan organobentonit

yang tereksansi asam stearat tidak berpengaruh terhadap ketahanan sobek dari vulkanisat karet alam seperti yang disajikan pada Gambar 5 (b). Pengaruh hanya terlihat pada rendahnya nilai ketahanan sobek pada vulkanisat berbahan pengisi bentonit yang disebabkan tidak kompatibelnya bentonit yang bersifat hidrofilik dengan karet alam yang bersifat hidrofobik, sehingga dispersi bentonit dalam matriks karet alam tidak merata.



Gambar 5. Kekerasan (a) dan ketahanan sobek (b) vulkanisat karet alam dengan variasi bahan pengisi

Figure 5. Hardness (a) and tear resistance (b) of natural rubber vulcanizate with various fillers

KESIMPULAN DAN SARAN

Organobentonit telah berhasil disintesis dari bentonit dengan ciri peningkatan pada basal spasi dan masuknya pita serapan khas surfaktan pada organobentonit. Penggunaan organobentonit dalam matriks karet alam dimungkinkan dihasilkan struktur interkalasi di dalam matriks karet alam sehingga karakteristik pematangan dan sifat mekanik menjadi lebih baik daripada karet alam tanpa bahan pengisi dan karet alam berbahan pengisi bentonit. Penggunaan asam stearat pada organobentonit lebih meningkatkan karakteristik pematangan dan sifat mekanik vulkanisat karet alam, dikarenakan efek ekspansi organobentonit oleh asam stearat, sehingga organobentonit terinterkalasi dan memudahkan karet alam masuk ke dalam galeri organobentonit.

Organobentonit yang telah tereksansi asam stearat (S-OB) memiliki waktu matang optimum dan waktu pemasakan dini yang paling cepat, selain itu juga memiliki nilai modulus 100%, perpanjangan putus, dan kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan *carbon black*, pada dosis bahan pengisi yang sama sehingga bahan pengisi jenis ini memiliki prospek untuk dikembangkan sebagai bahan pengisi substitusi atau komplementer dengan *carbon black* pada berbagai aplikasi.

Guna menambah tingkat optimalisasi penelitian tentang pembuatan organobentonit dari bentonit alam hendaklah terlebih dahulu disusun informasi mengenai kapasitas tukar kation (KTK) untuk seluruh sumber bentonit alam yang ada di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexandre, M and Dubois, P. 2000. Polymer-Layered Silicate Nanocomposites: Preparation, Properties and Uses of a New Class of Materials. *Materials Science and Engineering* 28: 1 – 63.
- Arroyo, M., Lopez-Manchado, M. A., and Herrero, B. 2003. Organo-Montmorillonite as Substitute of Carbon Black in Natural Rubber Compounds. *Polymer* 44: 2447 – 2453.
- Bergaya, F., Jaber, M., and Lamber, J-F. 2011. *Clays and Clay Mineral. Rubber-Clay Nanocomposites; Science, Technology and Applications, First Edition*. John Wiley & Sons. Inc, New Jersey.
- Cervantes-Uc, J.M., Cauich-Rodríguez, J.V., Vázquez-Torres, H., Garfias-Mesías, L.F., and Paul, D.R. 2007. Thermal Degradation of Commercially Available Organoclays Studied by TGA-FTIR. *Thermochimica Acta* 457: 92 – 102.
- Chakraborty, S., Kar, S., Dasgupta, S., Mukhopadhyay, R., Bandyopadhyay, S., Joshi, M., and Ameta, S.C. 2010. Study of the Properties of In-Situ Sodium Activated and Organomodified Bentonit Clay-SBR Rubber Nanocomposites - Part 1: Characterization and Rheometric Properties. *Polymer Testing* 29: 181 – 187.
- Das, Amit., Stockelhuber, Klaus Werner., Wang, D.Y., Heinrich, Gert., and Dresden. 2010. Synergistic Effects of Expanded Nanoclay and Carbon Black on Natural Rubber Compounds. *Raw Material and Application*: 296 – 302.
- Hongping, H., Rayb, F.L, and Jianxi, Z. 2004. Infrared Study of HDTMA+ Intercalated Montmorillonite. *Spectrochimica Acta A* 60: 2853 – 2859.
- International Carbon Black Association. 2004. *Carbon Black User's Guide. Safety, Health and Environmental Information*. International Carbon Black Association, USA
- Juwono, A.L and Edward, G. 2006. A Study of Clay-Epoxy Nanocomposites Consisting of Unmodified Clay and Organo Clay. *Makara Sains* 10(1): 6 – 12.
- Kim, M-S., Kim, D-W., Chowdhury, S. R., and Kim, G-H. 2006. Melt-Compounded Butadiene Rubber Nanocomposites With Improved Mechanical Properties and Abrasion Resistance. *J. Appl. Polym. Sci.* 102: 2062 – 2066.
- Lopez-Manchado. M.A, Herrero. B, and Arroyo, M. 2003. Preparation and Characterization of Organoclay Nanocomposites Based on Natural Rubber. *Polymer International* 52: 1070 – 1077.
- Mohan, T.P., Kuriakose, J., and Kanny, K. 2011. Effect of Nanoclay Reinforcement on Structure, Thermal and Mechanical Properties of Natural Rubber-Styrene Butadine Rubber (NR-SBR). *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 17: 264 – 270.
- Pluart, Le.L., Duchet, J., Sautereau., and Gerard, J.F. 2002. Surface Modifications of Montmorillonite for Tailored Interfaces in Nanocomposites. *The Journal of Adhesion* 78: 645 – 662.
- Ramorino, G., Bignotti, F., Pandini, S., and Riccò, T. 2009. Mechanical Reinforcement in Natural Rubber/Organoclay Nanocomposites. *Composites Science and Technology* 69: 1206 – 1211.
- Teh, P.L., Mohd Ishak, Z.A., Hashim, A.S., Karger-Kocsis, J. and Ishiaku, U.S. 2004. Effects of Epoxidized Natural Rubber as a Compatibilizer in Melt Compounded Natural Rubber-Organoclay Nanocomposites. *European Polymer Journal* 40: 2513 – 2521.
- Yong Ma, You-Ping Wu, Li-Qun Zhang, and Qi-Fang Li. 2008. The Role of Rubber Characteristics in Preparing Rubber/Clay Nanocomposites by Melt Compounding. *Journal of Applied Polymer Science* 109: 1925 – 1934.

Zhang, X., and Loo, L. S. 2008. Morphology and Mechanical Properties of a Novel Amorphous Polyamide/Nanoclay Nanocomposite. *J. Polym. Sci. Part B: Polym. Phys.* 46: 2605–2617.