

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT KARET ALAM – SELULOSA DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN VARIASI MASSA SELULOSA

Septami Setiawati^{1*}, Berlian Sitorus¹, Mariana Bara'allo Malino²

¹Progam Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,

²Progam Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,

Jln. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi 78124, Pontianak

email: septami.setiawati@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati sifat mekanik dan morfologi permukaan komposit karet alam-selulosa TKKS dengan variasi massa selulosa. Selulosa tersebut terlebih dahulu 3-APTES ((3-aminopropil)trietoksisilane) 2% kemudian dianalisis menggunakan FTIR dan XRD. Selulosa TKKS diekstraksi melalui beberapa tahapan: proses hidrolisis, delignifikasi dan bleaching. Komposit karet alam-selulosa dibuat dengan memvariasikan massa selulosa yakni 0, 5, 10, dan 15 phr. Selulosa dari TKKS menunjukkan puncak khas selulosa pada spektrum FTIR dan difraktogram XRD. Setelah dimodifikasi dengan 3-APTES 2%, tidak terjadi perubahan signifikan pada spektrum FTIR. Difraktogram menunjukkan peningkatan intensitas pada selulosa termodifikasi 3-APTES terjadi pada $2\theta = 26,4375^\circ$ yang disertai dengan peningkatan indeks kristalinitas dari 52,42% menjadi 64,29% dan peningkatan ukuran kristalit dari 3,17 nm menjadi 57,56 nm. Selulosa termodifikasi dicampurkan dengan karet alam dan bahan aditif lainnya untuk membentuk komposit. Hasil SEM menunjukkan adanya sisa bahan aditif vulkanisasi pada komposit bahkan karet alam-selulosa 15 phr memiliki agregat dan celah yang cukup besar. Uji tarik komposit menunjukkan bahwa karet alam-selulosa 15 phr memiliki nilai tegangan dan modulus Young tertinggi masing-masing sebesar $15,2 \times 10^7$ N/m² dan $1,504 \times 10^7$ N/m². Namun, penambahan pengisi tidak mempengaruhi nilai regangan dan perpanjangan putus. Berdasarkan perbandingan dengan beberapa SNI dan SII, nilai perpanjangan putus dari komposit telah memenuhi standar untuk dijadikan beberapa produk seperti ban dalam sepeda dan sarung tangan.

Kata Kunci : komposit karet alam-selulosa, selulosa TKKS, variasi massa selulosa, 3-APTES

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman komoditas yang berkembang dengan sangat pesat di Kalimantan Barat bahkan di Indonesia. Menurut Dinas Perkebunan Provinsi Kalimantan Barat (2014), hingga tahun 2013 luas area perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Barat mencapai 1.221.424 hektar dengan produksi kelapa sawit per hektar sebesar 1.057.873 ton tandan buah segar per tahun. Setelah buah sawit diambil dari tandan buah segar, tandan buah kosong akan menjadi limbah. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan 23% dari tandan buah segar (TBS) dengan kandungan selulosa sekitar 38,76 % (Darnoko, 1995). Kandungan selulosa ini

dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Salah satunya adalah sebagai bahan pengisi (*filler*) dari bahan lainnya seperti karet alam sehingga membentuk suatu komposit.

Proses penguatan atau pengisian *filler* (*reinforcement*) biasanya didefinisikan sebagai proses peningkatan ketahanan terhadap proses abrasi, penyobekan, pemotongan dan pemutusan (Leblanc, 2002). Karet alam ini diperkuat dengan bahan pengisi agar dapat dijadikan sebagai bahan setengah jadi yang selanjutnya akan diolah menjadi barang jadi seperti ban kendaraan dan sarung tangan karet. Proses penguatan ini dilakukan sebab karet alam memiliki kuat tarik yang rendah yaitu sekitar 1,5 MPa (Santulli *et al.*, 2014).

Penelitian terhadap penggunaan berbagai jenis bahan pengisi karet sudah banyak dilakukan. Bahan pengisi yang biasa digunakan adalah karbon hitam dan silika. Namun, bahan ini memiliki kelemahan, yaitu dari segi harga dan ketersediaan. Bahan-bahan ini berasal dari sumber yang tidak dapat diperbaharui dengan harga relatif mahal. Selain itu, silika juga memiliki kelemahan yaitu menghasilkan abu dalam jumlah banyak saat ban bekas dibuang dengan cara dibakar (Bai, 2009). Oleh karena itu, penggunaan selulosa sebagai bahan pengisi dapat mengatasi masalah-masalah tersebut sebab selulosa merupakan polimer alam yang cukup melimpah, mudah diperoleh, dapat diperbaharui dan mudah dibuang.

Penelitian yang dilakukan oleh Mubarrak (2007) terhadap variasi konsentrasi arang aktif tempurung kelapa (0%, 5%, 10%, 15% dan 20%) sebagai bahan pengisi karet alam menunjukkan bahwa komposit dengan 5% arang aktif memiliki kuat tarik tertinggi yaitu $0,319 \text{ N/mm}^2$, sedangkan kuat tarik terendah dimiliki oleh komposit dengan 20% arang aktif yaitu sebesar $0,222 \text{ N/mm}^2$. Hildayati, dkk. (2009) juga melakukan penelitian dengan memvariasikan massa silika sebagai pengisi karet alam. Penelitian menunjukkan bahwa karet alam terisi 12% silika memiliki kuat tarik sebesar 19,91 MPa, *tensile modulus* 0,98 MPa (perpanjangan 300%) dan perpanjangan putus sebesar 1000% yang mana ketiga nilai tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan komposit terisi silika 3%, 6%, 9% dan 24%.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Santulli *et al.* (2014) terhadap variasi massa khitin sebagai pengisi karet alam menunjukkan bahwa komposisi 15% khitin memberi kuat tarik terbesar terhadap komposit dibandingkan dengan komposit dengan 0%, 5% dan 15% khitin. Hasil SEM penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah khitin, maka permukaan komposit akan menunjukkan fenomena de-adhesi antara karet alam dan khitin. Bukit dan Frida (2013) juga melakukan variasi komposisi zeolit sebagai pengisi dalam komposit karet alam/polipropilena. Hasil yang diperoleh adalah zeolit dengan massa 2% memiliki kuat tarik dan

perpanjangan putus yang lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit 4% dan 6%.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dalam penelitian ini dilakukan variasi massa selulosa yang ditambahkan sebagai bahan pengisi pada karet alam. Variasi massa bahan pengisi terbukti dapat mempengaruhi kuat tarik, kuat sobek, kekerasan dan ketahanan abrasi dari karet (Haghighat *et al.*, 2005). Oleh karena itu, variasi massa selulosa dalam penelitian ini dilakukan untuk mengamati pengaruhnya terhadap sifat mekanik dan morfologi dari komposit karet alam – selulosa.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang pengaduk, cetakan, gelas beaker, *hot plate*, neraca analitik, oven, pipet ukur, seperangkat alat refluks, spatula, *Scanning Electron Microscope* (Carl Zeiss EVO MA10), spektrofotometer FTIR (IR Prestige-21 Shimadzu), *Universal Testing Machine* (Galdabini, Italy 1989), *X-ray Diffractometer* (LabX XRD-6000 Shimadzu).

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah akuades, asam asetat (CH_3COOH), asam nitrat (HNO_3), asam stearat ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$), DPG (*diphenylguanidine*), etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), ionol, karet alam (lateks), 3-*aminopropyltriethoxysilane* (3-APTES), natrium hidroksida (NaOH), natrium hipoklorit (NaClO), natrium nitrit (NaNO_2), sulfur, zink oksida (ZnO), dan zink stearat ($[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COO}]_2\text{Zn}$).

Cara Kerja

Preparasi Sampel Tandan Kosong Kelapa Sawit

Pengambilan sampel tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dilakukan di Jalan Selat Panjang, Desa Mega Lestari, Kecamatan Sungai Ambawang, Kabupaten Kubu Raya. Setelah dicuci dan dikeringanginkan, sampel dioven selama 24 jam pada suhu $105 \text{ }^\circ\text{C}$, kemudian digiling dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh.

Delignifikasi dan Ekstraksi Selulosa dari Sampel Tandan Kosong Kelapa Sawit

Sebanyak 150 gram serat TKKS ditambahkan ke dalam 1 L campuran HNO₃ 3,5% dan 10 mg NaNO₂, kemudian dipanaskan di atas *hot plate* pada suhu 90 °C selama 2 jam. Setelah itu campuran disaring dan ampas dicuci hingga filtrat menjadi netral lalu direfluks dengan 1 L larutan yang mengandung NaOH 2% dan Na₂SO₃ 2% pada suhu 50 °C selama 1 jam. Larutan kemudian disaring lagi dan ampasnya dicuci sampai netral (Aulia dkk., 2013).

Setelah selesai, sampel di-*bleaching* dengan menggunakan 1 L larutan NaOCl 1,75% pada temperatur mendidih selama 30 menit. Larutan kemudian disaring kembali dan ampasnya dicuci sampai pH filtrat menjadi netral (Aulia dkk., 2013).

Karakterisasi Selulosa

Selulosa yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan beberapa instrumen berikut:

- FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengetahui gugus fungsi pada selulosa yang terbentuk.
- XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui kristalinitas selulosa yang terbentuk.

$$Cr.I. = \frac{I_{max} - I_{am}}{I_{max}} \times 100\% \quad (1)$$

dengan :

I_{max} = intensitas maksimum pada 2θ antara 22° dan 23° untuk selulosa I

I_{am} = intensitas minimum pada 2θ antara 18° dan 19° untuk selulosa I

Ukuran rata-rata dari kristalit dihitung menggunakan Persamaan Scherrer dengan mengambil puncak difraksi dari bidang kisi (002) yang merupakan puncak khas selulosa (Gümüşkaya *et al.*, 2003).

$$D_{hkl} = \frac{k\lambda}{(B_{hkl} \cos \theta)} \quad (2)$$

D_{hkl} = ukuran kristalit

k = konstanta Scherrer (0,84)

λ = panjang gelombang sinar-X

B_{hkl} = FWHM (*full width half maximum*) dari refleksi hkl yang terukur

2θ = sudut Bragg yang sesuai

Modifikasi Selulosa dengan 3-APTES

Larutan etanol 95% diatur hingga pH mencapai 4,5-5,5 dengan menambahkan asam asetat. Setelah itu, etanol tersebut ditambahkan 2% 3-APTES ke dalam etanol

dan diaduk selama 15 menit. Sampel selulosa dimasukkan ke dalam larutan tersebut dan diaduk selama 45 menit. Kemudian selulosa dipisahkan dari filtrat dan dicuci dengan etanol. Selulosa termodifikasi 3-APTES kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 50 °C (Demir *et al.*, 2006; UCT, 2008). Hasil modifikasi kemudian dianalisis menggunakan FTIR dan XRD.

Sintesis Komposit Karet Alam – Selulosa dengan Variasi Massa Selulosa

Pencampuran dan pengadukan bahan komposit dilakukan dalam wadah dengan urutan pencampuran diawali dari karet alam 100 *part per hundred rubber* (phr) dilanjutkan dengan penambahan selulosa (variasi komposisi selulosa: 0, 5, 10, dan 15 phr), zinc stearat 1 phr, asam stearat 1 phr, ionol 2 phr, zinc oksida 0,825 phr, DPG 1 phr, dan sulfur 4 phr kemudian diaduk sampai homogen. Sampel selanjutnya dicetak menggunakan cetakan dengan ukuran 5×15×0,5 cm dan 5×10×0,5 cm. Sampel kemudian dijemur selama 1-2 jam hingga kering. Ketika sampel sudah bisa dikeluarkan dari cetakan, sampel dikeringkan lagi di dalam oven pada suhu 105 °C selama 30 menit.

Karakterisasi Komposit Karet Alam – Selulosa

Sampel komposit dikarakterisasi sifat mekanik dan morfologi permukaannya.

- Keseragaman distribusi selulosa pada karet alam dianalisis dengan SEM (*scanning electron microscope*).
- Karakterisasi sifat mekanik dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* berdasarkan SNI 06-7099-2005 untuk menentukan:

- Tegangan (σ) diperoleh berdasarkan perbandingan F_{max} (gaya pembebanan maksimum) terhadap A (luas penampang).

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A} \quad (3)$$

- Regangan (ϵ) merupakan rasio antara selisih panjang sampel sebelum dan setelah diberi gaya (ΔL) terhadap panjang mula-mula (L_0).

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (4)$$

- Modulus Young (E) dihitung berdasarkan hubungan:

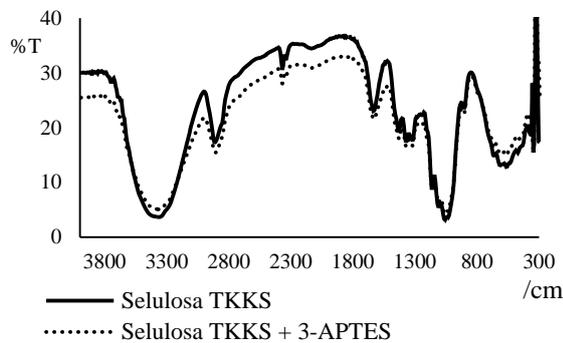
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (5)$$
- Perpanjangan putus (EB) diperoleh berdasarkan persamaan:

$$EB = \epsilon \times 100\% \quad (6)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Spektrum FTIR Selulosa TKKS

Selulosa TKKS menunjukkan puncak khas pada spektrum FTIR di sekitar bilangan gelombang 902,69 cm⁻¹ (C-O-C), 1319,31 cm⁻¹ (C-O-H dan H-C-C), 1427,32 cm⁻¹ (H-C-H), 2916,37 cm⁻¹ (C-H), dan 3371,57 cm⁻¹ (-OH).

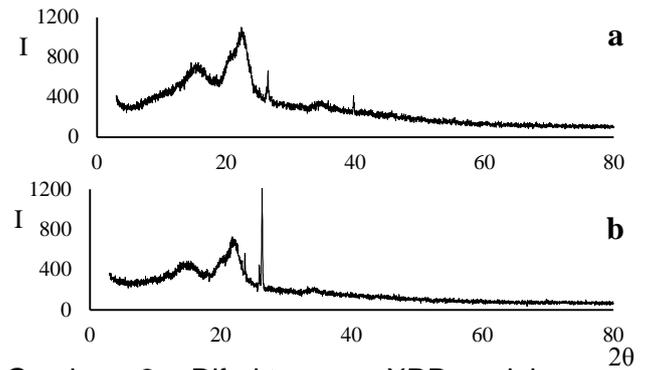


Gambar 1. Spektrum FTIR selulosa TKKS sebelum dan sesudah dimodifikasi 3-APTES 2%

Adanya vibrasi uluran C-O-C yang berasal dari ikatan glikosida, ikatan C-O-H, H-C-H, dan -OH yang ditunjukkan pada Gambar 1 cukup menegaskan bahwa proses isolasi selulosa dari TKKS telah berhasil dilakukan. Namun, tidak terjadi perubahan yang signifikan pada selulosa TKKS sebelum dan sesudah dimodifikasi dengan 3-APTES. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa hasil modifikasi tidak teramati melalui hasil FTIR dikarenakan adanya kemungkinan tumpang tindih dengan serapan pada pita lainnya.

Analisis Difraktogram XRD Selulosa TKKS

Difraktogram XRD dari selulosa TKKS sebelum dan sesudah dimodifikasi 3-APTES ditunjukkan oleh Gambar 2. Jika dibandingkan dengan referensi selulosa, yaitu JCPDS No. 03-0289, maka akan diperoleh kemiripan puncak pada selulosa TKKS hasil isolasi dengan referensi tersebut seperti yang terlihat pada Tabel 1. Puncak dengan intensitas terbesar adalah pada 2θ = 15,3466; 20,6400° dan 22,2575°.



Gambar 2. Difraktogram XRD selulosa TKKS sebelum (a) dan sesudah (b) dimodifikasi dengan 3-APTES 2%

Tabel 1. Hasil Interpretasi Difraktogram XRD Selulosa TKKS

2θ Hasil Penelitian	2θ JCPDS
15,3466	14,901
20,6400	20,638
22,2575	22,841

Perbedaan yang cukup signifikan antara difraktogram selulosa TKKS dan selulosa termodifikasi 3-APTES tampak pada penurunan intensitas pada 2θ = 22,5° dan peningkatan intensitas pada puncak difraksi 26,5°. Puncak difraksi 26,5° tersebut berasal dari kulit silane amorf yang mengelilingi selulosa (Hosseini *et al*, 2014). Peningkatan intensitas dan penyempitan pita difraksi tersebut mengindikasikan terjadinya peningkatan kristalinitas sampel (Battisha, 2001; Wenas dan Herman, 2011). Peningkatan kristalinitas tersebut disebabkan oleh ikatan Si-O-Si dengan karakter kristal derajat tinggi yang berasal dari jaringan yang kokoh (Gültek *et al*, 2004).

Hasil pengujian XRD juga digunakan untuk mengetahui derajat kristalinitas dan ukuran kristal selulosa seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Indeks Kristalinitas dan Ukuran Kristalit Selulosa

Sampel	Kristalinitas (%)	Ukuran Kristalit (nm)
Selulosa TKKS	52,42	3,17
Selulosa TKKS termodifikasi 3-APTES 2%	64,29	57,56

Tabel 2 menunjukkan bahwa selulosa TKKS mengalami peningkatan indeks kristalinitas setelah dimodifikasi dengan 3-APTES, yaitu dari 52,42% menjadi 64,29%. Selain itu, ukuran kristal yang terbentuk juga meningkat dari 3,17 nm menjadi 57,56 nm seiring dengan peningkatan indeks kristalinitasnya. Menurut penelitian Ching *et al.* (2015) mengenai komposit polivinil alkohol terisi nanosilika dan nanoselulosa, adanya berbagai jenis gugus silanol (Si-OH) pada nanosilika dapat mengubah kristalinitas pada matriks polimer. Hal serupa juga diharapkan terjadi pada selulosa yang telah dimodifikasi dengan 3-APTES. Selulosa yang telah dimodifikasi mengalami perubahan kristalinitas dikarenakan oleh gugus silanol yang tidak terkondensasi sempurna.

Berdasarkan hasil pada Gambar 2 dan Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa modifikasi selulosa dengan 3-APTES dapat meningkatkan kristalinitas dan ukuran kristalit dari selulosa. Semakin kristalin selulosa tersebut, maka strukturnya akan semakin teratur dan kaku. Hal ini dapat mempengaruhi kekakuan komposit yang dihasilkan.

Sifat Mekanik Komposit Karet Alam-Selulosa

Hasil pengujian kuat tarik dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kuat Tarik pada Komposit dengan Variasi Massa Selulosa

No	σ ($\times 10^7$ N/m ²)	ϵ	E ($\times 10^7$ N/m ²)	EB (%)
I	8,32	12,57	0,666	1.257
II	11,76	10,78	1,129	1.078
III	13,76	12,69	1,103	1.269
IV	15,2	10,16	1,504	1.016

Keterangan:

- I : karet alam + selulosa 0 phr
- II : karet alam + selulosa 5 phr
- III : karet alam + selulosa 10 phr
- IV : karet alam + selulosa 15 phr

Tabel 3 menunjukkan beberapa kecenderungan atau *trend* yang berbeda pada tiap parameter. Parameter tegangan menunjukkan kecenderungan meningkat seiring dengan peningkatan massa selulosa. Sedangkan nilai modulus Young

secara umum menunjukkan kecenderungan meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah selulosa sebagai *filler*. Sementara regangan dan perpanjangan putus tidak menunjukkan suatu kecenderungan tertentu.

Komposit karet alam dengan komposisi selulosa 0 phr memiliki nilai tegangan terkecil, yaitu $8,32 \times 10^7$ N/m². Semakin banyak selulosa yang ditambahkan, semakin besar nilai tegangannya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa karet alam dengan penambahan jumlah selulosa terbanyak memiliki nilai tegangan yang paling besar. Hal ini menandakan bahwa komposit dengan selulosa 15 phr membutuhkan gaya terbesar untuk diputuskan dibandingkan dengan komposit lainnya dan dapat dikatakan bahwa komposit tersebut bersifat paling kaku. Kekakuan tersebut dapat disebabkan oleh bahan pengisi berupa selulosa. Kuat tarik komposit menurun seiring dengan berkurangnya jumlah selulosa yang digunakan. Hasil ini menunjukkan bahwa ternyata dalam jumlah besar, partikel selulosa berinteraksi secara homogen dengan matriks karet untuk menghasilkan interaksi antarfase yang efektif, yang berfungsi untuk meredam tekanan yang bekerja pada komposit (Bukit dan Frida, 2013).

Lain halnya dengan tegangan, parameter regangan dan perpanjangan putus tidak menunjukkan suatu kecenderungan yang khas dan teratur. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa dalam penelitian ini penambahan bahan pengisi dengan variasi massa tidak mempengaruhi kedua parameter tersebut.

Parameter lainnya, yaitu modulus Young, secara umum menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya massa selulosa yang digunakan. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Haghghat *et al.* (2005). Sama halnya dengan parameter tegangan, komposit karet alam-selulosa 0 phr memiliki nilai modulus Young terkecil yaitu $0,666 \times 10^7$ N/m² sedangkan modulus terbesar yaitu $1,504 \times 10^7$ N/m² dimiliki oleh komposit dengan kadar selulosa 15 phr. Semakin besar modulus Young, maka komposit akan bersifat semakin plastis/kurang elastis, begitu pula sebaliknya. Hal ini dikarenakan oleh penambahan bahan pengisi yang

bersifat padat dan kaku sehingga menyebabkan terbatasnya gerakan molekul polimer (Haghighat *et al.*, 2005).

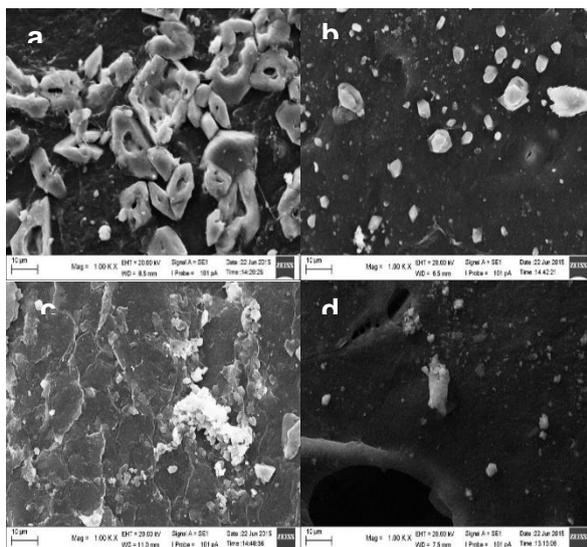
Berdasarkan nilai parameter perpanjangan putus yang telah diperoleh, komposit karet alam-selulosa telah memenuhi standar untuk dijadikan beberapa produk seperti sarung tangan bedah dari karet, sol sepatu, karpet karet, bantalan elastomer untuk peletakan jembatan, dan ban dalam sepeda. Nilai perpanjangan putus minimum yang dibutuhkan untuk masing-masing produk dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Perpanjangan Putus Minimum untuk Beberapa Produk Karet

Produk	EB Minimum	Referensi
Sarung tangan bedah	160%	SNI 06-1301-1989
Sol sepatu	100-250%	SII 0944-84
Sol karet cetak vulkanisir	200%	SNI 12-0111-1987
Karpet karet	60%	SNI 12-1000-1989
Bantalan elastomer jembatan	300-450%	SNI 3967:2008
Ban dalam sepeda	450%	SNI 06-7099-2005

Morfologi Permukaan Komposit Karet Alam-Selulosa

Proses pemindaian menggunakan SEM dilakukan pada perbesaran 1.000x untuk masing-masing sampel, hasil yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Mikrograf komposit karet alam-selulosa: a. selulosa 0 phr; b. 5 phr; c. 10 phr; d. 15 phr

Karet alam dan komposisinya menunjukkan adanya partikel-partikel berukuran mikro yang mungkin merupakan bahan aditif vulkanisasi. Komposit dengan kandungan selulosa juga menunjukkan suatu kecenderungan di mana semakin banyak selulosanya, semakin sedikit partikel-partikel berukuran mikro yang terlihat. Gambar 3 a menunjukkan partikel dengan jumlah dan ukuran yang cukup besar dibandingkan dengan komposit lainnya. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya komposisi bahan aditif vulkanisasi yang ditambahkan seiring dengan peningkatan massa selulosa. Namun, tidak menutup kemungkinan bahwa partikel-partikel yang terlihat merupakan selulosa TKKS yang tidak berikatan secara sempurna dengan matriks karet alam.

Keempat sampel juga tidak menunjukkan perubahan kekasaran permukaan yang terlalu signifikan satu sama lain akibat penambahan selulosa TKKS. Ketika selulosa mulai ditambahkan sebanyak 5%, permukaan komposit terlihat semakin halus dikarenakan matriks karet alam belum terganggu oleh selulosa yang ditambahkan (Gambar 3 b). Ketika jumlah selulosa ditingkatkan menjadi 10%, permukaan komposit mulai mengalami peningkatan kekasaran permukaan dan muncul guratan-guratan/patahan pada permukaan komposit. Hal ini dapat disebabkan oleh peningkatan jumlah selulosa yang berikatan dengan karet alam yang juga berkorelasi dengan peningkatan kekakuan dari komposit tersebut. Jika dibandingkan dengan komposit lainnya, karet alam dengan selulosa 15% memiliki permukaan yang paling halus walaupun kandungan selulosanya paling tinggi. Namun, terjadi aglomerasi selulosa sehingga terbentuk agregat dan juga terbentuk celah pada komposit tersebut. Fenomena de-adhesi mulai teramati pada Gambar 3 d dikarenakan oleh banyaknya selulosa yang ditambahkan pada matriks karet alam sehingga komposit mengalami peningkatan kekakuan. Agregat tersebut dapat berasal dari bahan aditif ataupun selulosa TKKS yang tidak bercampur sempurna. Di sisi lain, retakan-retakan yang tampak pada Gambar 3 c menjadi semakin besar seiring dengan peningkatan jumlah selulosa yang ditambahkan sebagai bahan pengisi. Celah yang terbentuk dapat diakibatkan oleh

peningkatan kekakuan dan kegetasan dari komposit tersebut. Peningkatan kekakuan ini didukung oleh data hasil uji tarik pada Tabel 3 yang menunjukkan peningkatan kuat tarik dan modulus Young seiring dengan bertambahnya selulosa sebagai bahan pengisi pada komposit.

Komposit pada Gambar 3 b tidak menunjukkan adanya fenomena de-adhesi yang terjadi pada antarmuka matriks karet alam dan pengisi selulosa seperti yang ditemukan oleh Santulli *et al.* (2014) pada komposit karet alam-kitin seiring dengan meningkatnya jumlah bahan pengisi. De-adhesi atau pemisahan fasa (Phomrak and Phisalaphong, 2015) tersebut terjadi karena lemahnya antarmuka antara matriks dan bahan pengisi. Hal ini dapat menunjukkan keberhasilan dari penggunaan 3-APTES sebagai *coupling agent* sehingga karet alam dan selulosa dapat berikatan satu sama lain. Ikatan tersebut membentuk adhesi yang kuat antara matriks dan pengisi (Ismail *et al.*, 2002). Hasil SEM menunjukkan bahwa peningkatan jumlah selulosa mengakibatkan perubahan morfologi permukaan komposit yang ditunjukkan dengan adanya celah, agregat dan retakan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan bahwa ekstraksi selulosa dari TKKS telah berhasil dilakukan. Setelah dimodifikasi dengan 3-APTES 2%, tidak terjadi perubahan spektrum FTIR yang signifikan. Selulosa termodifikasi 3-APTES mengalami peningkatan kristalinitas dan ukuran kristalit. Penambahan selulosa sebagai pengisi komposit mempengaruhi nilai tegangan dan modulus Young. Hasil SEM menunjukkan bahwa semakin banyak selulosa yang ditambahkan, permukaan komposit akan semakin kasar. Berdasarkan perbandingan dengan syarat SNI dan SII beberapa produk karet, nilai perpanjangan putus komposit karet alam-selulosa telah memenuhi standar untuk dijadikan beberapa produk seperti sarung tangan bedah, sol sepatu, karpet, bantalan elastomer untuk peletakan jembatan, dan ban dalam sepeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, F.; Marpongahtun dan Gea, S., 2013, Studi Penyediaan Nanokristal Selulosa dari Tandan Kosong Sawit (TKS), *Jurnal Saintia Kimia*, 1(2).
- Bai, W., 2009, *New Application of Crystalline Cellulose in Rubber Composites*, Wood Science and Chemical Engineering, Oregon State University, (Dissertation).
- Battisha, I. K., 2001, Structural and Optical Studies of Nanostructure Monolithic Silica gel Derived Glasses Containing Nd^{3+} , *J. Sol*, 24.
- Bukit, N. and Frida, E., 2013, The Effect Zeolite Addition in Natural Rubber Polypropylene Composite on Mechanical, Structure, and Thermal Characteristics, *Makara Seri Teknologi*, 2013, 17(3): (in press).
- Ching, Y. C.; Rahman, A.; Ching, K. Y.; Sukiman, N. L. and Cheng, H. C., 2015, Preparation and Characterization of Polyvinyl Alcohol-Based Composite Reinforced with Nanocellulose and Nanosilica, *BioResources*, 10(2): 3364-3377.
- Ciolacu, D.; Ciolacu, F. and Popa, V. I., 2011, Amorphous cellulose—structure and characterization, *Cellulose chemistry and technology*, 45(1): 13.
- Darnoko, D., 1995, *Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit dan Turunannya*, Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), Medan.
- Demir, H.; Atikler, U.; Balköse, D. and Tihminlioğlu, F., 2006, The effect of fiber surface treatments on the tensile and water sorption properties of polypropylene–luffa fiber composites, *Composites: Part A 37 (Elsevier)*: 447–456.
- Dinas Perkebunan Provinsi Kalimantan Barat, 2014, Komoditi Kelapa Sawit Tahun 2013, <http://disbun-kalbar.go.id/web/index.php/statistik/menu-komoditi-perkebunan-per-tahun/kelapa-sawit/940-komoditi-kelapa-sawit-tahun-2013>, diakses pada tanggal 11 November 2014.
- Gültek, A.; Seckin, T. and Adiguzel, H. I., 2005, Design and Characterization of Amino and Chloro Functionalized Rhombohedral

- Silsesquioxanes. *Turkish Journal of Chemistry*, 29(4): 391.
- Gümüşkaya, E.; Usta, M. and Kirci, H., 2003, The effects of various pulping conditions on crystalline structure of cellulose in cotton linters, *Polymer degradation and stability*, 81(3): 559-564.
- Haghighat, M.; Zadhoush, A. and Khorasani, S.N., 2005, Physicomechanical properties of α -cellulose-filled styrene-butadiene rubber composites, *J. Appl. Polym. Sci.*, 96: 2203.
- Hidayati; Triwikantoro; Faisal, H. dan Sudirman, 2009, Sintesis dan Karakterisasi Bahan Komposit Karet Alam-Silika, *Seminar Nasional Pascasarjana IX – ITS*, 12 Agustus 2009, Surabaya.
- Hosseini, F.; Seyedsadjadi, M. and Farhadyar, N., 2014, Fe₃O₄ nanoparticles modified with APTES as the carrier for (+)-(S)-2-(6-methoxynaphthalen-2-yl) propanoic acid (Naproxen) and (RS) 2-(3-benzoylphenyl)-propionic acid (Ketoprofen) drug, *Oriental Journal of Chemistry*, 30(4).
- Ismail, H.; Shuhelmy, S. and Edyham, M. R., 2002, The effects of a silane coupling agent on curing characteristics and mechanical properties of bamboo fibre filled natural rubber composites, *European Polymer Journal*, 38(1): 39-47.
- Leblanc, J.L., 2002, Rubber-filler interactions and rheological properties in filled compounds, *Prog. Polym. Sci.*, 27, 627.
- Mubarrak, J., 2007, Pembuatan Komposit Karet Alam-Arang Aktif Tempurung Kelapa dengan Perbandingan Konsentrasi Tertentu, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Riau, Pekanbaru, (Laporan Penelitian *Student Grant I-MHERE*).
- Phomrak, S. and Phisalaphong, M., 2015, Reinforcement of Natural Rubber with Bacterial Cellulose via Latex Solution Process, *International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS)*, 3(2), (Online).
- Santulli, C.; Puglia, D.; Rallini, M.; Visakh, P.M.; Kenny, J.M. and Thomas, S., 2014, Natural Rubber Composites Filled with A Low Volume of Crab Chitin Whiskers: Mechanical and Thermal Characterization, *Malaysian Polymer Journal*, 9 (1): 18-23.
- SII 0944-84, Sol sepatu.
- SNI 06-1301-1989, Sarung tangan bedah dari karet.
- SNI 06-7099-2005, Ban dalam sepeda.
- SNI 12-0111-1987, Sepatu pengaman dari kulit dengan sol karet cetak vulkanisir.
- SNI 12-1000-1989, Karpas karet.
- SNI 3967:2008, Spesifikasi bantalan elastomer tipe polos dan tipe berlapis untuk peletakan jembatan.
- UCT, 2008, *Silane Coupling Agent Guide*, Bristol, PA.
- Wenas, D. R. dan Herman, H., 2011, Orientasi dan Agregasi Molekul dari Film Disperse RED-1 dengan Metode Electric Field Assisted PVD, *Jurnal Fisika*, 1(1).