

# **Aplikasi Serat Kapok dan Balsa dengan Perlakuan Alkali sebagai Bahan Penguat Komposit**

## ***(Alkaline Treated-Kapok and Balsa Fibers for Composite Reinforcement)***

Renny Purnawati<sup>1,2</sup>, Fauzi Febrianto<sup>1\*</sup>, Nyoman J Wistara<sup>1</sup>, Siti Nikmatin<sup>3,4</sup>, Sudirman<sup>5</sup>, Marwanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus Dramaga, Bogor, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Kehutanan, Universitas Papua, Jl. Gunung Salju Amban, Manokwari, Indonesia

<sup>3</sup>Departemen Fisika, Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor, Kampus Dramaga, Bogor, Indonesia.

<sup>4</sup>Surfactant and Bioenergy Research Center (SBRC) – LPPM IPB, Bogor, Indonesia

<sup>5</sup>PSTBM BATAN Kawasan Puspiptek Serpong, Indonesia

\*Penulis korespondensi: febrianto76@yahoo.com

### **Abstract**

Natural fibers of kapok and balsa can be potential renewable raw material for reinforced polymer composite. Alkaline treatment carried out in the present works was intended to develop the physical and chemical properties of the fibers before its application in reinforced composites preparation. The treatments involve of using NaOH at the concentration of 2, 4, 6, 8 and 10%. The change of morphological characteristics, crystallinity index, functional groups, and water contact angle were analyzed by using SEM, FTIR, XRD and contact angle analyzer, respectively. Upon alkaline treatments, the fibers were clean, flatten, and the surface tended to be rough. Defibrillation occurred at higher alkaline concentration. Alkaline treatment on the fibers shifted and changed the peak absorption intensity of -OH, C-O, C=C and C=O. Up to 8% NaOH concentration, alkaline treatment increased the crystallinity of the fibers, however decreased when the concentration of NaOH reaching 10%. Alkaline treatment on the fibers removed lignin, hemicellulose, and waxy substance of the fiber surface, increased surface roughness, and therefore is expected to create better interfacial adhesion.

**Keywords:** alkaline treatment, balsa, composite, kapok, natural fiber

### **Abstrak**

Serat kapok dan balsa sebagai bahan alami terbarukan berpotensi untuk digunakan sebagai polimer penguat komposit. Perlakuan alkali diberikan pada serat kapok dan balsa untuk meningkatkan sifat fisik dan kimia serat dalam menghasilkan biokomposit dengan sifat-sifat yang lebih baik. Perlakuan dengan NaOH dilakukan pada konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10%. Perubahan karakteristik morfologi, indeks kristalinitas, gugus fungsi, dan sudut kontak air dianalisis. Hasil alkalisasi yang diperoleh adalah serat menjadi bersih, memipih, dan lebih kasar. Pada konsentrasi NaOH yang lebih tinggi, mulai terjadi fibrilasi serat. Analisis gugus fungsional menunjukkan bahwa terjadi perubahan intensitas serta pergeseran puncak serapan -OH, C-O, C=C dan C=O. Kristalinitas meningkat dengan peningkatan konsentrasi NaOH dan menurun pada konsentrasi NaOH 10%. Alkalisasi menghilangkan lignin, hemiselulosa, dan zat lilin pada permukaan serat, meningkatkan kekasaran permukaan, sehingga meningkatkan adhesi antar permukaan serat dan resin matriks.

**Kata kunci:** balsa, kapok, komposit, perlakuan alkali, serat alami

## Pendahuluan

Pemanfaatan serat alami sebagai bahan penguat komposit plastik sangat berkembang pada masa sekarang. Komposit berpenguat serat terdiri dari serat sebagai bahan penguat dan polimer tertentu sebagai matriks. Polimer plastik yang digunakan termasuk *high density polyethylene* (HDPE), *low density polyethylene* (LDPE), *polypropylene* (PP), *polyether ether ketone* (PEEK) dan lain-lain (Febrianto *et al.* 2005, 2014, 2017). Awal permulaan teknologi komposit ini berkembang menggunakan bahan serat sintetik seperti serat kaca, karbon, dan aluminium oksida (Li *et al.* 2007, Chubuike *et al.* 2017). Kini, serat sintetik banyak digantikan oleh serat alami berbasis tumbuhan seperti flax, jute, sisal, hemp, kenaf, sabut kelapa (Faruk *et al.* 2012, Kabir *et al.* 2012, Mahjoub *et al.* 2014) sebagai bahan penguat komposit. Kelebihan serat alam dibanding serat sintetik adalah kerapatan yang rendah, harga relatif murah, mudah didaur ulang dan mudah terdegradasi (ramah lingkungan). Komposit plastik berpenguat serat alam dapat digunakan pada aplikasi sebagai bahan plastik, otomotif, dan industri kemasan untuk memangkas biaya produksi tanpa mengurangi sifat kekuatan bahan (Chubuike *et al.* 2017, Febrianto *et al.* 2001, 2006a, 2006b).

Salah satu jenis serat alam yang berpotensi digunakan sebagai bahan penguat komposit polimer adalah serat dari buah kapuk (*Ceiba pentandra*). Luas area penanaman kapuk di Indonesia yang berasal dari perkebunan rakyat pada tahun 2015 adalah sebesar 143,7 hektar, sementara itu produksi seratnya sebesar 52800 ton (BPS 2015). Selama ini pemanfaatannya masih terbatas sebagai bahan pengisi bantal, matras, pakaian

serta insulasi (Liu & Wang 2011, Kabir *et al.* 2012). Kelebihan serat kapuk adalah sifatnya yang tidak mudah menyerap air (hidrofobik), sehingga sangat berbeda dengan kebanyakan serat alami lainnya yang sangat mudah menyerap air (Voumbo *et al.* 2010, Chaiarrekij *et al.* 2011, Zhang *et al.* 2013). Serat dari buah balsa (*Ochroma pyramidale*) juga memiliki kemiripan sifat dengan serat kapuk. Pemanfaatannya pun masih sebatas sebagai bahan pengisi (Grandtner 2005). Dengan demikian perlu dikaji mengenai pemanfaatan serat kapuk dan balsa sebagai bahan serat penguat komposit alami sehingga dapat memberi nilai tambah bagi pemanfaatan kedua jenis serat alam tersebut.

Serat alam dapat dipertimbangkan sebagai bahan alam potensial untuk menggantikan serat sintetik, namun demikian serat alam juga bukanlah bahan yang bebas sama sekali dari masalah. Kekurangan serat alami sebagai bahan penguat adalah masalah kompatibilitas bahan serat dengan sebagian besar matriks polimer. Struktur kimia serat dan matriks polimer yang berbeda menjadi masalah dalam penggabungan kedua bahan karena tidak efektifnya transfer tekanan antar permukaan kedua bahan (Bodur *et al.* 2016). Modifikasi terhadap permukaan serat alami dapat dilakukan untuk mengatasi masalah kompatibilitas bahan karena perlakuan kimia dapat meningkatkan adhesi antar permukaan serat dan matriks, serta mengurangi penyerapan air pada serat (Mwaikambo & Ansell 2000, Li *et al.* 2007).

Penelitian terdahulu mengenai perlakuan alkali terhadap serat kenaf, rosela dan serat kayu dapat menghasilkan sifat fisik, morfologi dan sifat mekanis yang lebih baik karena

kompatibilitas serat dengan matriks yang lebih baik (Akhtar *et al.* 2016, Nadlene *et al.* 2015, Islam *et al.* 2012). Perlakuan alkali terhadap serat kapuk telah dilakukan oleh Mwaikambo dan Ansell (2002), sementara itu perlakuan alkali terhadap serat balsa belum pernah dilakukan. Dengan melakukan modifikasi permukaan serat kapuk dan balsa secara kimia melalui proses alkalisasi, diharapkan dapat meningkatkan kompatibilitas serat dengan matriks sehingga produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan morfologi dan mikrostruktur serat kapuk dan balsa melalui proses alkalisasi sehingga diperoleh serat yang memiliki sifat-sifat yang lebih baik sebagai bahan penguat pada komposit polimer.

### Metode Penelitian

#### Bahan

Bahan yang digunakan adalah serat kapuk dan balsa yang diperoleh dari wilayah kampus IPB Dramaga. Bahan kimia yang digunakan adalah natrium hidroksida (NaOH), asam asetat, dan air suling.

#### Perlakuan alkali terhadap serat kapuk dan balsa

Perlakuan alkali diberikan kepada serat kapuk dan balsa melalui perendaman menggunakan NaOH dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10%. Sebanyak 5 g serat dimasukkan ke dalam 200 ml larutan NaOH dan direndam selama 24 jam. Setelah perlakuan, serat disaring dan dibilas dengan air suling dan 1% asam asetat untuk menetralkan serat kapuk dan balsa hingga pH 7-9. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven suhu 60 °C selama 24 jam.

#### Karakterisasi serat

Untuk mengetahui index kristalinitas serat digunakan instrumen difraktometer XRD-7000 MaximaX (Shimadzu, Jepang) dengan radiasi monokromatik CuK $\alpha$  ( $\lambda = 0.154443 \text{ \AA}$ ). Pembangkit listrik pada 40 kV dan 30 mA, dan intensitas dihitung pada sudut  $2\theta = 10^\circ - 80^\circ$ . Indeks kristalinitas (CrI) dihitung menggunakan persamaan yang diacu Popescu *et al.* (2011):

$$CrI (\%) = \frac{\text{Luas daerah kristalin}}{\text{Total luas area difraktogram}} \times 100$$

Analisa gugus fungsi menggunakan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) model Shimadzu IR Prestige-21. Persiapan sampel dilakukan dengan menghaluskan sebanyak 4 mg serat di dalam mortar, kemudian mencampurkannya dengan 100 mg serbuk KBr dan selanjutnya sampel ditempatkan pada holder. Koleksi data pada kisaran spektra 4000-400  $\text{cm}^{-1}$  dengan resolusi 4  $\text{cm}^{-1}$  (Poletto *et al.* 2014).

Pengukuran sudut kontak dengan metode *sessile-drop* menggunakan alat Contact Angle Analyzer Phoenix 300 (Surface Electro Optics, Korea). Cairan uji yang digunakan adalah air suling. Volume cairan setiap tetes adalah 5  $\mu\text{l}$ , penetesan dilakukan sebanyak 3 kali kemudian dirata-ratakan. Penentuan sudut dilakukan melalui hasil tangkapan gambar tetesan menggunakan *software* Surfaceware 8 dan sistem analisis sudut kontak berbasis kamera. Gambar merekam sudut kontak pada menit ke-5 setelah penetesan cairan. Sudut diukur pada kedua sisi tetesan dan dirata-ratakan.

Morfologi permukaan serat dianalisis berdasarkan pengamatan menggunakan *Scanning Electron Mycroscope* (SEM) tipe JEOL-JSM-6510LV. Sampel diletakkan pada *carbontape* yang ditempelkan pada *holder* berdiameter 1 cm. Sampel dilapisi dengan osmium pada alat *coating*, kemudian dimasukkan ke dalam tabung, divakum dan dipindai pada tegangan 10 kV. Perbesaran foto sebesar 2000x.

## Hasil dan Pembahasan

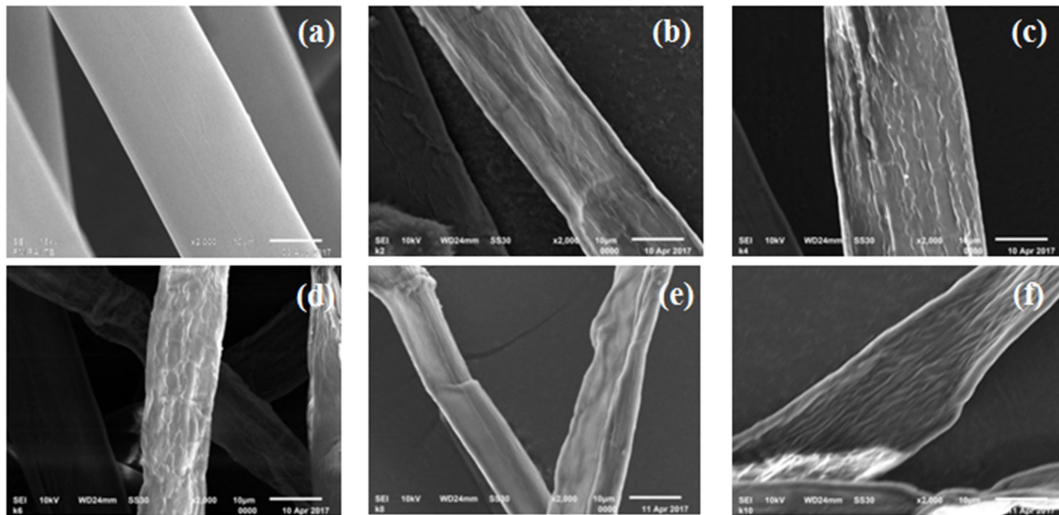
### Morfologi permukaan serat

Hasil pengujian dengan SEM secara jelas menunjukkan adanya perbedaan morfologi permukaan baik serat kapuk maupun serat balsa tanpa dan dengan perlakuan alkali menggunakan NaOH 2, 4, 6, 8, dan 10% (Gambar 1 dan 2). Gambar 1(a) dan 2(a) memperlihatkan bahwa serat kapuk dan balsa tanpa perlakuan alkali bentuknya bulat dengan permukaan yang sangat halus. Setelah diberi perlakuan alkali, serat memipih, mengembang, permukaan serat kasar dan

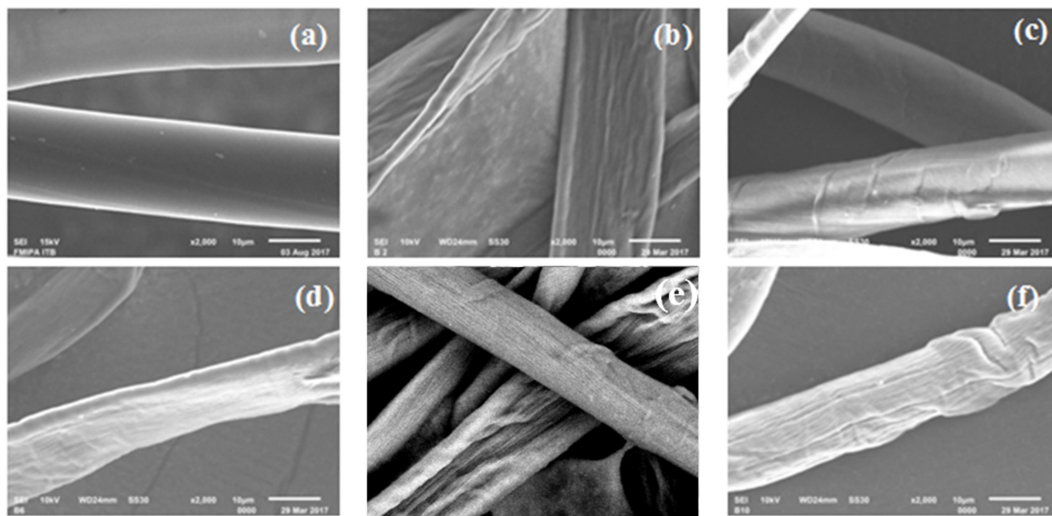
bergelombang, dan pada konsentrasi NaOH yang lebih tinggi tampak serat mulai mengalami pemisahan (fibrilasi).

Pada konsentrasi NaOH 4% dan 6% tampak bahwa permukaan serat kapuk menjadi sangat kasar dan mengelupas. Sementara itu pada konsentrasi 8% dan 10% mulai terlihat komponen makrofibril penyusun serat balsa yang terpisah satu dengan yang lainnya. Permukaan serat yang kasar ini dapat disebabkan oleh hilangnya komponen kimia tertentu yang menyusun permukaan serat. Perlakuan alkali menyebabkan terlarutnya lignin, hemiselulosa, pektin dan lapisan lilin pada permukaan serat sehingga meningkatkan daerah interfibril (Yan *et al.* 2012).

Perlakuan alkali pada serat memiliki dua efek terhadap permukaan serat. Efek pertama adalah meningkatkan kekasaran permukaan sehingga akan meningkatkan kekuatan sambungan mekanis (*interlocking*) yang lebih baik.

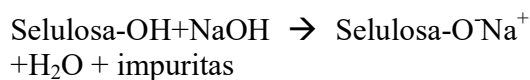


Gambar 1 Foto SEM morfologi serat kapuk (a) tanpa perlakuan; (b) NaOH 2%; (c) NaOH 4%; (d) NaOH 6%; (e) NaOH 8%; (f) NaOH 10%.



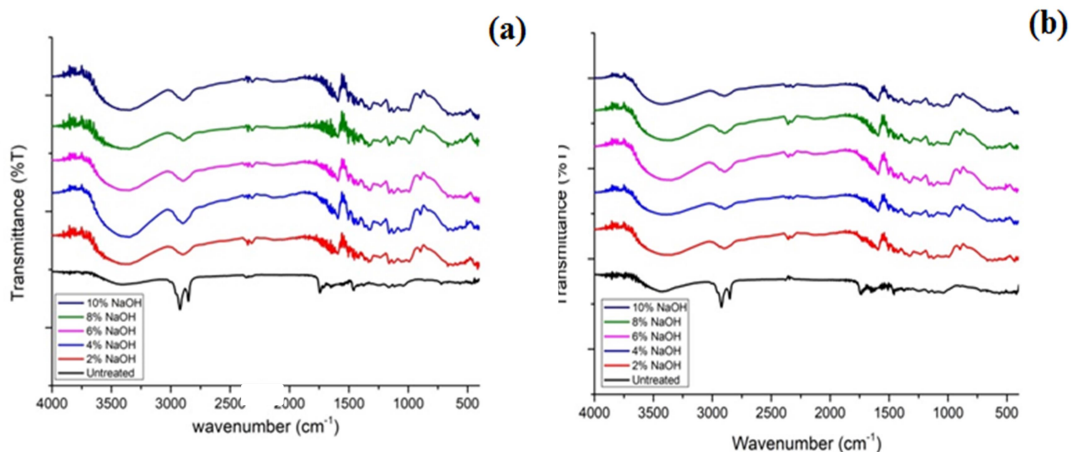
Gambar 2 Foto SEM morfologi serat balsa (a) tanpa perlakuan; (b) NaOH 2%; (c) NaOH 4%; (d) NaOH 6%; (e) NaOH 8%; (f) NaOH 10%.

Efek kedua adalah meningkatkan jumlah selulosa yang terekspos pada permukaan serat sehingga meningkatkan jumlah selulosa reaktif yang dapat bereaksi dengan bahan matriks (Liet *et al.* 2007). Menurut Kumar *et al.* (2017), serat alam memiliki permukaan yang dilapisi bahan lilin. Kondisi ini tidak sesuai untuk membentuk ikatan yang kuat dengan matriks polimer dan memiliki tegangan permukaan yang rendah. Ikatan yang lemah ini dapat ditingkatkan dengan perlakuan alkali yang dapat menyebabkan serat menjadi bersifat hidrofobik. Kapasitas transfer tegangan antar serat dan luas permukaan serat akan meningkat, mengakibatkan adhesi antara serat dan matriks semakin baik (Chubuike *et al.* 2017). Mekanisme reaksi NaOH terhadap gugus hidroksil pada selulosa serat dapat dijelaskan pada reaksi berikut ini (Islam *et al.* 2012).



#### Analisis spektroskopi FTIR serat

Pengaruh perlakuan alkali terhadap serat kapuk dan balsa dianalisis menggunakan spektroskopi infra merah. Gambar 3 memperlihatkan bahwa spektra FTIR dari serat kapuk memiliki kemiripan pita serapan spektrum serat balsa, seperti karakteristik puncak serapan komponen selulosa, lignin dan hemiselulosa di bilangan gelombang sekitar 3200-3500  $\text{cm}^{-1}$  (Ma *et al.* 2015). Perlakuan alkali menyebabkan peningkatan intensitas serapan gugus -OH regangan pada daerah 3200-3500  $\text{cm}^{-1}$  terutama hingga konsentrasi NaOH 4% pada serat kapuk dan konsentrasi NaOH 6% pada serat balsa. Hal ini mengindikasikan terjadinya pelepasan bahan-bahan yang larut dalam NaOH, mereduksi ikatan hidrogen, sehingga menghasilkan peningkatan konsentrasi gugus hidroksil. Peningkatan intensitas gugus -OH dapat disebabkan pula oleh peningkatan gugus hidroksil yang berikatan dengan molekul selulosa (Liu & Wang 2011).



Gambar 3 Spektroskopi FTIR serat kapuk (a) dan balsa (b).

Menurut Roy *et al.* (2012), puncak serapan pada bilangan gelombang  $1737\text{ cm}^{-1}$  merupakan serapan gugus  $\text{C}=\text{O}$  pada hemiselulosa dan pektin. Gambar 3 terlihat bahwa pada puncak tersebut melemah/menghilang setelah perlakuan alkali, yang menandakan bahwa bahan-bahan tersebut tidak sepenuhnya hilang dengan perlakuan alkali. Puncak  $1247\text{ cm}^{-1}$  yang merepresentasikan gugus asetil lignin berupa ikatan  $\text{C}-\text{O}$  regangan berkurang intensitasnya dengan semakin tinggi konsentrasi NaOH (Zhang *et al.* 2015).

Spektra FTIR dari serat kapuk dan balsa pada bilangan gelombang  $1596\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan komponen asam lemak dengan ikatan  $\text{C}=\text{C}$  regangan semakin kecil intensitasnya dengan perlakuan alkali. Diduga hal ini terjadi karena penghilangan bahan-bahan tidak jenuh yang ada dalam komponen lemak/lilin (Mwaikambo & Ansell 2002). Serat dengan perlakuan alkali dapat menjadi bahan penguat komposit melalui mekanisme utama penghilangan hemiselulosa dan bahan-bahan *amorf* pada serat (Hodzic & Shanks 2014).

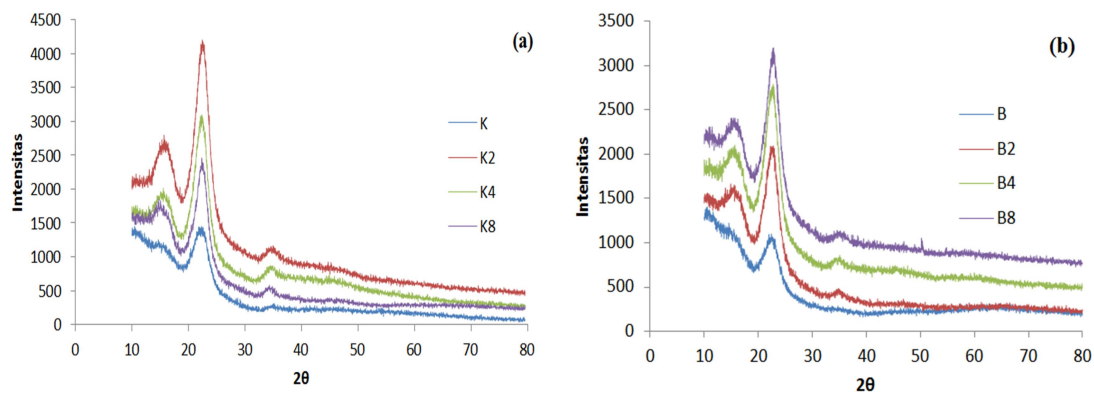
### Index kristalinitas serat

Hasil pengujian XRD terhadap serat yang diberi perlakuan alkali menunjukkan adanya peningkatan index kristalinitas dibanding serat tanpa perlakuan alkali (Tabel 1). Index kristalinitas tertinggi serat kapuk adalah pada perlakuan alkali 2%, sedangkan serat balsa pada konsentrasi NaOH 4%.

Sebagaimana terlihat pada Gambar 4 (a) dan (b), serat kapuk dan balsa menunjukkan penciri selulosa I yaitu puncak difraksi pada sudut  $2\theta = 22^\circ$  (Poletto *et al.* 2012). Menurut Mansimakki *et al.* (2005), puncak difraksi selulosa I berada pada sudut  $2\theta = 14,7; 16,4; 22,5; \text{ dan } 34,4^\circ$ , sedangkan selulosa II pada  $2\theta = 12,1; 20,0; \text{ dan } 21,7^\circ$ .

Tabel 1 Indeks kristalinitas serat sebelum dan setelah perlakuan alkali

Konsentrasi NaOH, %	Kapuk	Balsa
0	51,32	39,37
2	75,67	67,93
4	72,18	69,98
8	69,15	67,90



Gambar 4 Difraksi sinar-X serat kapuk (a) dan serat balsa (b) sebelum dan setelah perlakuan alkali.

Terlihat bahwa dengan perlakuan alkali terjadi perubahan intensitas dan bentuk kurva yang semakin tajam yang menunjukkan adanya peningkatan kristalinitas serat. Proses kavitasasi dan pemisahan komponen-komponen amorf (lignin dan hemiselulosa) pada serat alkalisasi menghasilkan peningkatan intensitas kristal secara keseluruhan (Nikmatin *et al.* 2012). Menurut Kumar *et al.* (2017), perlakuan alkali atau yang juga dikenal dengan istilah merserisasi merupakan proses konversi selulosa I menjadi selulosa II yang terjadi pada saat serat mengembang dalam larutan NaOH yang diikuti dengan pembilasan. Perlakuan alkali dikenal dengan hidrolisis bagian amorf selulosa sehingga meningkatkan bagian kristalin dari selulosa.

Berdasarkan hasil XRD, pada serat kapuk dan balsa yang diberi perlakuan alkali diduga belum mengalami perubahan struktur selulosa I menjadi selulosa II. Struktur selulosa II dapat terjadi dengan perlakuan alkali dengan konsentrasi NaOH di atas 10% (Yue 2011). Menurut Mansikkamaki *et al.* (2005), konsentrasi NaOH yang digunakan harus melebihi 8 w/w-%

untuk dapat membentuk selulosa II dari serat alkalisasi.

#### Sudut kontak serat

Sudut kontak air terhadap permukaan bahan merefleksikan sifat hidrofobisitas bahan tersebut. Tingginya hidrofobisitas ditunjukkan dengan besarnya nilai sudut kontak (Chen & Yan 2012). Sudut kontak yang kecil ( $\leq 90^\circ$ ) menunjukkan sifat keterbasahan suatu benda yang tinggi, atau dapat disebut juga memiliki sifat hidrofilik (menyerap air). Sebaliknya sudut kontak yang besar ( $\geq 90^\circ$ ) menunjukkan sifat keterbasahan bahan terhadap air yang rendah, atau bersifat hidrofobik (menolak air) (Yuan & Lee 2013). Sudut kontak serat kapuk dan balsa setelah diuji tetes dengan akuades selama 5 menit disajikan pada Tabel 2.

Hasil pengujian uji tetes dengan akuades hingga 5 menit setelah penetasan menunjukkan bahwa serat kapuk dan balsa tetap memiliki sudut kontak yang tinggi. Dengan perlakuan alkali, sudut kontak air dengan serat kapuk semakin berkurang namun meningkat kembali pada konsentrasi NaOH 10%.

Berbeda dengan serat kapuk, perlakuan alkali 6 dan 10% meningkatkan sifat hidrofobik serat balsa. Dari perhitungan sudut kontak ini dapat dijelaskan bahwa perlakuan alkali tidak merubah sifat hidrofobik permukaan serat kapuk dan balsa, dan hal ini sangat menguntungkan dalam proses pembuatan komposit karena sifat hidrofobik serat akan sesuai dengan sifat hidrofobik dari matriks polimer. Sifat hidrofobik serat kapuk dan balsa setelah perlakuan alkali diduga disebabkan oleh kondisi permukaan serat yang kasar. Menurut Callies dan Quere (2005), peningkatan kekasaran permukaan bahan dan luas permukaan (karena adanya tekstur) merupakan faktor yang penting dalam mencapai sifat hidrofobik suatu bahan. Peningkatan kekasaran dapat meningkatkan daerah permukaan serat yang efektif untuk proses pembasahan dan ikatan permukaan antara serat dan resin matriks.

Tabel 2 Sudut kontak air terhadap serat tanpa dan dengan perlakuan alkali

Konsentrasi NaOH, %	Kapuk, °	Balsa, °
0	117,24	104,46
2	114,86	109,80
4	115,99	110,93
6	106,74	120,90
8	105,77	113,45
10	111,74	121,50

### Kesimpulan

Alkalisasi serat kapuk dan balsa dapat meningkatkan kualitas antar muka serat dengan matriks melalui peningkatan energi adhesi, energi permukaan serat, penghilangan hemiselulosa dan lignin serta bahan pengotor permukaan serat lainnya. Kondisi ini dapat meningkatkan sifat mekanis komposit yang dihasilkan. Perubahan morfologi yang diamati dengan SEM menunjukkan bahwa

perlakuan alkali dapat memperluas area permukaan serat yang dapat meningkatkan kemampuan adhesi serat dengan resin matriks, sehingga menghasilkan ikatan antar muka yang lebih baik dibanding serat tanpa perlakuan alkali. Analisis FTIR dan XRD memberi gambaran bahwa perlakuan alkali menyebabkan terjadinya penghilangan lignin dan hemiselulosa sehingga meningkatkan jumlah relatif selulosa pada serat teralkalisasi. Berdasarkan perhitungan sudut kontak serat dengan air, diketahui bahwa perlakuan alkali tidak mempengaruhi sifat hidrofobik serat kapuk dan balsa.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas dukungan dana penelitian melalui skema penelitian Kerjasama Luar Negeri dan Publikasi Internasional tahun pendanaan 2017.

### Daftar Pustaka

- Akhtar MN, Sulong AB, Radzi MKF, Raza MR, Muhammad N, Khan MA. 2016. Influence of alkaline treatment and fiber loading on the physical and mechanical properties of kenaf/polypropylene composites for variety of applications. *Pro Nat Sci-Mater*. 26:657-664.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2015. *Luas Areal Tanaman dan Produksi Perkebunan Rakyat Menurut Jenis Tanaman (2000-2015)*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bodur MS, Bakkal M, Sonmez HE. 2016. The effects of different chemical treatment methods on the mechanical and thermal properties of textile fiber reinforced polymer



- composites. *J Composite Mater.* 50(27):3817-3830.
- Chaiarrekij S, Apirakchaiskul A, Suvernakich K, Kiatkamjornwong S. 2011. Kapok I : characteristic of kapok fiber. *Bioresources.* 7(1):475-488.
- Callies M, Quere D. 2005. On water repelency. *Soft Mater* 1:55-61.
- Chen J, Yan N. 2012. Hydrophobization of bleached softwood kraft fibers via adsorption of organo-nanoclay. *Bioresources.* 7(3):4132-4149.
- Chubuike OM, Ebele CC, Ifeanyi IF, Okwuchukwu ES, Fentus OE. 2017. Study on chemical treatments of jute fiber for application in natural fiber reinforced composites (NFRPC). *Inter J Advance Eng Res Sci.* 4(2):21-26.
- Faruk O, Bledzki AK, Fink HP, Sain M. 2012. Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. *Prog Polym Sci.* 37:1552-1596.
- Grandtner MM. 2005. *Elsevier's Dictionary of Tress: Volume 1: North America.* New York: Elsevier.
- Febrianto F, Hidayat W, Wistara NJ, Park SH, Jang JH, Lee SH, Teramoto Y, Kondo T, Kim NH. 2017. Influence of impact modifier-coupling agent combination on mechanical properties of wood flour-reinforced polypropylene composite. *J Fac Agr Kyushu Univ.* 62(2):445-450.
- Febrianto F, Lee SH, Jang JH, Hidayat W, Kwon JH, Kondo T, Kim NH. 2014. Tensile properties and dimensional stability of wood flour-reinforced *cis*-1,4-isoprene rubber composites. *J Fac Agr Kyushu Univ.* 59(2):333-337.
- Febrianto F, Setyawati D, Karina M, Bakar ES, Hadi YS. 2005. Influence of wood flour and modifier content on the physical and mechanical properties of wood flour-polypropylene composites. *J Biol Sci.* 6(2):337-343.
- Febrianto F, Yoshioka M, Nagai Y, Shiraishi N. 2006a. Characterization and properties of composites of wood-flour and poly lactic acid. *J Korean Wood Sci Technol.* 34(5):67-78.
- Febrianto F, Yoshioka M, Nagai Y, Mihara M, Shiraishi N. 2001. Composites of wood and *trans*-1,4-isoprene rubber II: Processing conditions for production of composites. *J Wood Sci Technol.* 35:297-310.
- Febrianto F, Yoshioka M, Nagai Y, Thair MT, Syafii W, Shiraishi N. 2006b. The morphological, mechanical and physical properties of composites of wood flour-poly(lactic acid) under various filler types. *J Biol Sci.* 6(3):555-563.
- Hodzic A, Shanks R. (Editor). 2014. *Nature Fibre Composites: Materials, Processes and Properties.* Philadelphia: Woodhead Pub.
- Islam MS, Hamdan S, Jusoh I, Rahman MR, Ahmed AS. 2012. The effect of alkali pretreatment on mechanical and morphological properties of tropical wood polymer composites. *Mater Design* 33:419-424.
- Kabir MM, Wang H, Lau KT, Cardona F. 2012. Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: an overview. *Composites Part B: Engineering* 43(7):2883-2892.

- Kumar S, Singh KK, Prasad L, Patel VK. 2017. A review on surface modification of bast fibre as reinforcement in polymer composites. *Inter. J Mater. Sci. and App.* 6(2):77-82.
- Li X, Tabil LG, Panigrahi S. 2007. Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review. *J Polym Environ.* 15:25-33.
- Liu J, Wang F. 2011. Influence of mercerization on micro-structure and Properties of kapok blended yarns with different Blending ratios. *J. of Eng. Fibers and Fabrics* 6(3):63-68.
- Ma ZZ, Pan GW, Xu HL, Huang YL, Yang YQ. 2015. Cellulosic fibers with high aspect ratio from cornhusk via controlled swelling and alkaline penetration. *Carbohydr Polym.* 124:50-56.
- Mansikkamaki P, Lahtinen M, Rissanen K. 2005. Structural changes of cellulose crystallites induced by mercerisation in different solvent systems; determined by powder X-ray diffraction method. *Cellulose.* 12:233-242.
- Mwaikambo LY, Ansell MP. 2000. The effect of chemical treatment on the properties of hemp, sisal, jute and kapok fibres for composite reinforcement. *Proceedings of 2nd International Wood and natural Fibre Composites Symposium*; 1999 June 28-29; Kassel, Germany.
- Mwaikambo LY, Ansell MP. 2002. Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization. *J. App Sci.* 44:2222-2234.
- Nadlene R, Sapuan SM, Jawai M, Ishak MR. 2015. Mercerization effect on morphology an tensile properties of roselle fibre. *App Mechanics Mater.* 754-755:955-959.
- Nikmatin S, Purwanto S, Maddu A, Mandang T, Purwanto A. 2012. Analisa struktur nanopartikel selulosa kulit rotan sebagai filler bionanokomposit dengan difraksi sinar x. *J Sains Material Indones.* 13(2):97-102.
- Poletto M, Ornaghi HL, Zattera AJ. 2014. Native cellulose: structure, characterization and thermal properties. *Materials* 7:6105-6119.
- Popescu MC, Popescu CM, Lisa G, Sakata Y. 2011. Evaluation of morphological and chemical aspects of different wood species by spectroscopy and thermal methods. *J. Molecul Struct.* 988:65-72.
- Roy A, Chakraborty S, Kundu SP, Basak RK, Majumder SB, Adhikari B. 2012. Improvements in mechanical properties of jute fibres through mild alkali treatment as demonstrated by utilisation of the Weibull distribution model. *Biores Technol.* 107:222-228.

- Yan L, Chouw N, Yuan X. 2012. Improving the mechanical properties of natural fibre fabric reinforced epoxy composites by alkali treatment. *J. Reinf. Plast. Compos.* 31(6): 425-437.
- Yue Y. 2011. A comparative study of cellulose I and II fibers and nanocrystals. [Tesis]. Baton Rouge : Graduate Faculty, Louisiana State University.
- Zhang X, Fu W, Duan C, Xiao H, Shi M, Zhao N, Xu J. 2013. Superhydrophobicity determines the bouyancy performance of kapok fiber aggregates. *Applied Sci.* 266:225-229.
- Zhang X, Wang F, Keer LM. 2015. Influence of surface modification on the microstructure and thermo-mechanical properties of bamboo fibers. *Materials.* 8:6597-6608.

Riwayat naskah:

Naskah masuk (*received*): 29 Juli 2017

Diterima (*accepted*): 30 September 2017