

SERAT KAPUK SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MIKROKRISTALIN SELULOSA

Mardiyati, Raden Reza Rizkiansyah, Steven, Arif Basuki dan R. Suratman

Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara - ITB

Jl. Ganesha 10, Bandung, 40132

E-mail: Mardiyati@material.itb.ac.id

Diterima: 18 Januari 2016

Diperbaiki: 6 Juni 2016

Disetujui: 19 Juli 2016

ABSTRAK

SERAT KAPUK SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MIKROKRISTALIN SELULOSA.

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil serat kapuk (*Ceiba Pentandra*) terbesar di dunia. Pada tahun 2013, luas perkebunan tanaman kapuk di Indonesia mencapai 157.283 ha dengan produksi 61.273 ton serat kapuk per tahun. Namun, saat ini pemanfaatan serat kapuk di Indonesia sebagian besar masih terbatas sebagai bahan pengisi untuk bantal, guling, atau kasur. Serat kapuk pada dasarnya memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yaitu dengan kandungan yang dapat mencapai 64%. Tingginya kandungan selulosa tersebut menunjukkan potensi dari serat kapuk sebagai sumber mikrokristalin selulosa, yaitu bagian kristalin dalam orde mikro yang diekstraksi dari selulosa. Pembuatan mikrokristalin selulosa dilakukan melalui dua tahap, yaitu alkalisasi dan hidrolisis. Proses alkalisasi dilakukan dengan merendam serat kapuk di dalam larutan NaOH 17,5% selama 8 jam pada suhu 100 °C untuk memperoleh selulosa alfa dari serat kapuk. Proses hidrolisis dilakukan dengan merendam serat kapuk hasil alkalisasi ke dalam larutan H₂SO₄ dengan variasi konsentrasi 0,1 M, 0,3 M, dan 0,5 M masing-masing selama 4 jam, 6 jam, dan 8 jam pada suhu 100 °C. Mikrokristalin selulosa yang diperoleh dikarakterisasi dengan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) dan *Fourier Transform Infrared* (FT-IR). Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan ekstraksi mikrokristalin selulosa dari serat kapuk. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa kristalinitas dari mikrokristalin selulosa serat kapuk semakin meningkat seiring dengan peningkatan waktu hidrolisis namun akan lebih tinggi pada konsentrasi hidrolisis asam yang lebih rendah. Kristalinitas mikrokristalin selulosa tertinggi didapatkan dari hidrolisis pada konsentrasi 0,1 M selama 8 jam.

Kata kunci: Alkalisasi, Kristalinitas, Hidrolisis, Mikrokristalin selulosa, Serat kapuk

ABSTRACT

KAPOK FIBER AS RAW MATERIAL FOR MAKING MICROCRYSTALLINE CELLULOSE.

Indonesia is one of largest producer of kapok (*Ceiba Pentandra*) fibre in the world. In 2008, Indonesia has 157.283 hectares of kapok plantation that produced 61.273 kg of kapok fibre annually. However, currently kapok fibre in Indonesia is largely has very limited use for fillers in pillows, bolster, or beds. Kapok fibre basically had relatively high content of cellulose, which is around 64%. High cellulosic content of kapok fibre indicated its potential as source for microcrystalline cellulose, which is micro sized crystalline part extracted from cellulose. Microcrystalline cellulose extracted with 2 stages, which is alkalization and hydrolysis. Alkalization process applied by immersing kapok fibre in solution of 17.5% NaOH for 8 hour at 100 °C to extract alpha cellulose of the kapok fiber. Hydrolysis was applied by immersing the alkali treated-kapok fibre in sulfuric acid solution with concentration varied in 0,1 M; 0,3 M; and 0,5 M and hydrolysis time by 4, 6, and 8 hours at 100 °C. Microcrystalline cellulose obtained was characterized with X-Ray Diffraction (XRD) and Fourier Transform Infrared (FT-IR). In this research MCC was successfully extracted from kapok fibre. Characterization result shown that the crystallinity of microcrystalline cellulose obtained is increased with the increase of acid hydrolysis time but will higher in the lower acid hydrolysis concentration. The highest crystallinity of microcrystalline cellulose was obtained from extraction with 0,1 M of sulfuric acid for 8 hour.

Keywords: Alkalization, Crystallinity, Hydrolysis, Microcrystalline cellulose, Kapok fibre

PENDAHULUAN

Kapuk randu (*Ceiba pentandra*) merupakan salah satu jenis tanaman yang tumbuh dan banyak dibudayakan di daerah tropis. Bagian dari tanaman kapuk yang paling sering dimanfaatkan adalah serat di dalam buahnya yang umumnya digunakan sebagai bahan *filler* pada bantal, guling, atau kasur. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kapuk terbesar di dunia. Berdasarkan data pada tahun 2013 luas perkebunan kapuk di Indonesia 157.283 ha yang menghasilkan kapuk hingga 61.273 ton [1].

Pada masa kolonial, kapuk merupakan salah satu komoditi ekspor yang diunggulkan oleh pemerintah Hindia Belanda yang dimana pada tahun 1936 – 1937 kapuk yang berasal dari wilayah Indonesia memenuhi 85% kebutuhan kapuk dunia dengan ekspor mencapai 28.400 ton, namun pada perkembangannya saat ini jumlah ekspor kapuk Indonesia semakin menurun yang bahkan hanya mencapai 1.496 ton serat pada tahun 2004 [2].

Sejumlah faktor yang menyebabkan menurunnya ekspor kapuk Indonesia diantaranya adalah adanya persaingan dengan penggunaan bahan sintetis yang lebih murah [2]. Permasalahan lain dari serat kapuk diantaranya adalah pemanfaatan dari serat kapuk yang masih terbatas sebagai bahan *filler* pada kasur, bantal, guling, boneka, atau sejenisnya. Pada industri tekstil sendiri serat kapuk kurang disukai untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan benang, hal ini dikarenakan oleh karakteristik dari serat kapuk yang memiliki serat yang pendek, licin, dengan kekuatan yang rendah [3-4]. Serat kapuk pada dasarnya memiliki potensi sebagai suatu sumber dari selulosa. Hal ini dikarenakan serat kapuk memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yaitu berkisar antara 35% – 64% [5-8]. Salah satu produk selulosa yang dapat dijadikan alternatif pemanfaatan dari serat kapuk adalah mikrokrystalin selulosa (MCC). MCC merupakan bagian kristalin selulosa dalam ukuran mikro yang diperoleh melalui proses hidrolisis asam terhadap alfa selulosa, yaitu suatu fraksi selulosa yang tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% [9-10]. MCC pada perkembangannya saat ini telah banyak dimanfaatkan dalam industri farmasi sebagai pengikat tablet, sebagai serat tambahan dan peningkat volume pada industri pangan, pengisi pada biosensor, bidang rekayasa jaringan, dan kertas magnetik [10-13], selain itu juga turut dikembangkan sebagai bahan penguat pada biokomposit.

Penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan tanaman kapuk sebagai bahan baku MCC [14] yang menggunakan kulit kapuk sebagai bahan baku MCC untuk aplikasi tablet dan K. Suttiphonparnit dkk (2003) yang menggunakan serat kapuk sebagai sumber MCC. Pada kedua penelitian tersebut HCl digunakan sebagai asam yang digunakan dalam proses ekstraksi melalui hidrolisis yang dilakukan. Pada penelitian ini akan dilakukan proses hidrolisis dilakukan dengan

menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi dan waktu hidrolisis yang divariasikan. Pembuatan mikrokrystalin selulosa yang berbahan dasar serat kapuk belum pernah dilaporkan.

METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Serat kapuk yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari buah kapuk yang diperoleh dari wilayah Cikarang, Kabupaten Bekasi. NaOH yang digunakan diperoleh dari Bratachem, Bandung dan asam sulfat 98% yang digunakan diperoleh dari PT. Pudak, Bandung.

Pada penelitian ini, karakterisasi FT-IR dilakukan di Program Studi Kimia ITB dengan menggunakan alat Shimadzu Prestige 21, dan karakterisasi XRD dilakukan di Program Studi Teknik Kimia ITB dengan menggunakan alat Brooker D8 Advanced.

Cara Kerja

Perlakuan Alkali

Perlakuan alkali dilakukan untuk mengekstraksi selulosa alfa dari serat kapuk. Serat kapuk direndam dalam larutan NaOH 17,5% dengan perbandingan 1:100 terhadap berat serat. Perlakuan alkali dilakukan selama 8 jam pada suhu 100 °C. Serat yang telah melalui perlakuan basa kemudian dicuci dengan air *aquadest* dan dikeringkan pada udara terbuka.

Hidrolisis Asam

Hidrolisis asam dilakukan untuk mengekstraksi mikrokrystalin selulosa dari serat kapuk. Proses hidrolisis dilakukan dengan menggunakan larutan asam sulfat yang divariasikan dengan konsentrasi 0,1 M, 0,3 M, dan 0,5 M pada suhu 100 °C dengan perbandingan 1:100 terhadap serat. Waktu hidrolisis pada masing-masing konsentrasi divariasikan pada 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Hasil yang diperoleh disaring dengan menggunakan kertas saring dan dikeringkan pada udara terbuka.

Metode Chesson-Datta

Metode *Chesson-Datta* digunakan untuk mengetahui persentase selulosa di dalam serat kapuk. Metode *Chesson-Datta* dilakukan di Program Studi Teknik Material ITB. Satu gram serbuk rotan (berat a) ditambahkan 150 ml *aquadest* dan dipanaskan pada suhu 100 °C selama 2 jam. (Volume air harus tetap dijaga konstan). Hasilnya disaring, dan residu dicuci dengan menggunakan air panas 300 mL. Residu kemudian dikeringkan dengan oven selama 1 jam pada temperatur 60 °C dan dibiarkan di udara terbuka selama 1 malam dan kemudian ditimbang beratnya (berat b). Residu ditambahkan 150 mL H₂SO₄ 0.5 M, kemudian dipanaskan

selama 1 jam pada temperatur 100 °C. (Air ditambahkan tiap beberapa menit untuk menjaga volume air tetap konstan). Hasilnya disaring dan dicuci sampai netral, kemudian residunya dikeringkan hingga beratnya konstan (berat c). Residu kering ditambahkan 100 mL H₂SO₄ 72% dan direndam pada suhu kamar selama 4 jam. Ditambahkan 150 mL larutan H₂SO₄ 0,5 M dan dipanaskan pada suhu 100 °C selama 1 jam. Residu disaring dan dicuci dengan H₂O sampai netral. Residu kemudian dipanaskan dengan oven pada suhu 105 °C sampai beratnya konstan dan ditimbang (berat d).

$$\text{Kandungan selulosa} = \frac{c - d}{a} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Kandungan hemiselulosa} = \frac{b - c}{a} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Kandungan lignin} = \frac{d}{a} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

Karakterisasi FT-IR

Karakterisasi FT-IR dilakukan untuk mengetahui perubahan kimia yang dialami serat kapuk setelah perlakuan alkali dan hidrolisis. Karakterisasi FT-IR dilakukan di Program Studi Kimia ITB dengan menggunakan alat Shimadzu Prestige 21.

Karakterisasi XRD

Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui kristalinitas dari mikrokristalin selulosa serat kapuk. Karakterisasi XRD dilakukan di Program Studi Teknik Kimia ITB dengan menggunakan alat Brooker D8 Advanced. Persentase kristalinitas mikrokristalin selulosa dinyatakan dengan Persamaan (4).

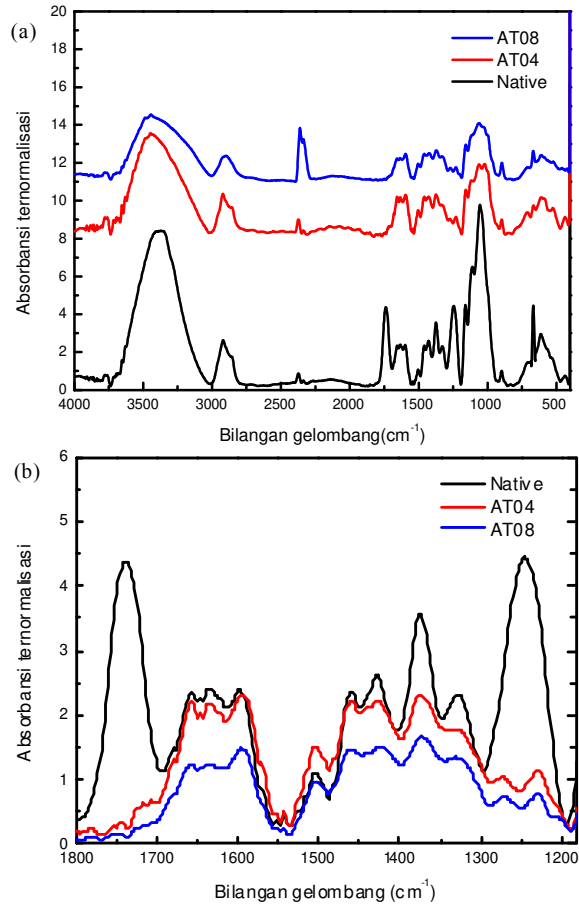
$$\% \text{Kristalinitas} = (I_{22^\circ} - I_{\text{amorf}}) / I_{22} \quad \dots\dots\dots (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan lignoselulosa dari serat kapuk yang digunakan dikarakterisasi dengan menggunakan metode Chesson-Datta. Persentase kandungan lignoselulosa ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa serat kapuk yang digunakan memiliki kandungan

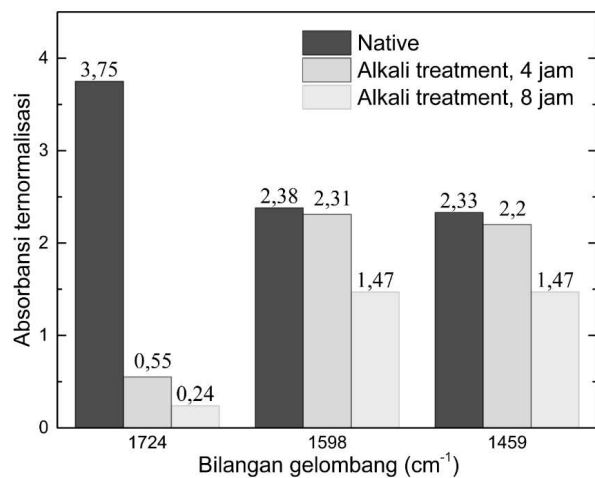
Table 1. Hasil pengujian kandungan lignoselulosa dengan menggunakan metode Chesson-Datta dan perbandingannya dengan hasil pada literatur.

| Kandungan | Persentase (%) | Literatur (%) [5-8] |
|--------------|----------------|---------------------|
| Ekstraktif | 10 | - |
| Hemiselulosa | 32 | 22-45 |
| Selulosa | 38 | 35-64 |
| Lignin | 20 | 15-22 |



Gambar 1. a) Spektrum FT-IR serat kapuk native dan hasil perlakuan basa dan b) Bagian spektrum pada bilangan gelombang 1800-399 cm⁻¹.

selulosa sebesar 38% yang masih berada di dalam rentang yang ditunjukkan pada sejumlah literatur, yakni berkisar antara 35-64% [5-8]. Secara umum, kandungan selulosa yang dimiliki oleh serat kapuk menunjukkan potensi untuk dijadikan sebagai suatu sumber selulosa. Pengujian densitas yang dilakukan menunjukkan bahwa serat kapuk yang digunakan memiliki densitas sebesar

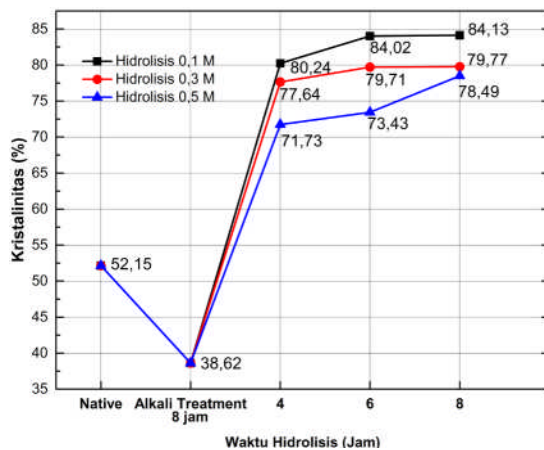


Gambar 2. Nilai absorbansi serat kapuk native dan yang diberikan perlakuan basa pada bilangan gelombang 1724 cm⁻¹, 1598 cm⁻¹, dan 1459 cm⁻¹.

0,23 g/mL. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan literatur yang menyebutkan bahwa densitas dari serat kapuk adalah berkisar 0,384 g/mL [15].

Dari spektrum *FT-IR* di atas menunjukkan bahwa jumlah lignin dan hemiselulosa di dalam serat kapuk mengalami penurunan seiring dengan peningkatan waktu perlakuan basa. Pengaruh dari perlakuan basa terhadap kandungan lignoselulosa dari serat kapuk tersebut pada spektrum ditunjukkan oleh keberadaan puncak pada bilangan gelombang 1724 cm^{-1} , 1598 cm^{-1} , dan 1459 cm^{-1} yang masing-masing mengindikasikan *stretching* C=O dari hemiselulosa dan *stretching* C=C dari lignin [6,17]. Absorbansi pada kedua bilangan gelombang tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, menunjukkan kecenderungan untuk menurun seiring dengan peningkatan lama waktu perlakuan basa hal tersebut mengindikasikan semakin menurunnya kandungan lignin dan hemiselulosa.

Hidrolisis asam dengan menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi 0,1 M; 0,3 M; dan 0,5M telah digunakan untuk mengekstraksi mikrokrystalin selulosa dari serat kapuk yang telah melalui proses perlakuan basa selama 8 jam. Proses hidrolisis pada masing-masing konsentrasi divariasikan selama 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Karakterisasi secara kuantitatif dengan XRD dilakukan terhadap sampel serat kapuk *native*, hasil perlakuan basa 8 jam, dan hasil hidrolisis untuk mengetahui pengaruh dari proses terhadap kristalinitas dari masing-masing sampel tersebut. Persentase kristalinitas dari MCC serat kapuk ditunjukkan pada Gambar 3.

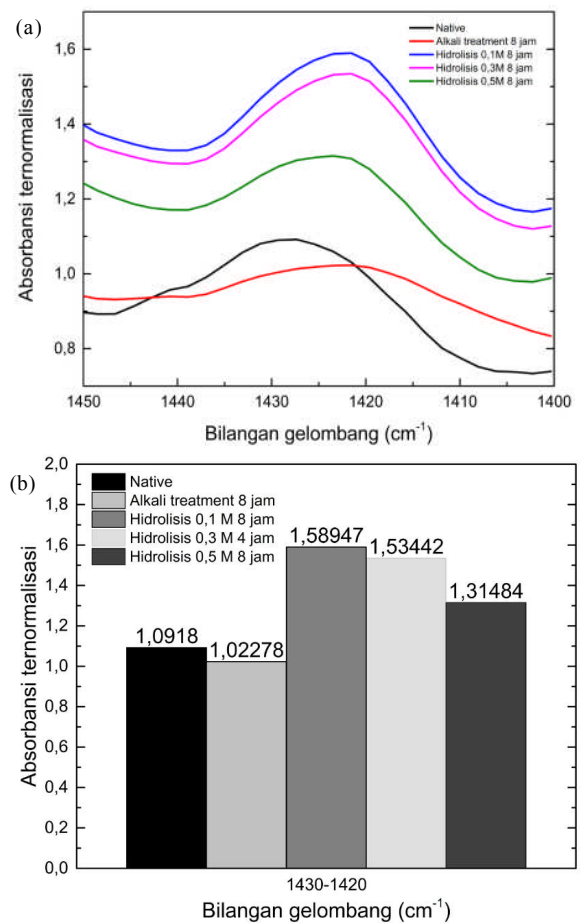


Gambar 3. Persen kristalinitas serat kapuk *native*, hasil alkali treatment, dan MCC hasil hidrolisis

Dari hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa kristalinitas dari serat kapuk *native* adalah 52,5% yang kemudian mengalami penurunan hingga 38,62% setelah melalui proses perlakuan basa dengan NaOH 17,5% selama 8 jam. Penurunan kristalinitas tersebut terjadi karena ketika mengalami perlakuan basa, larutan alkali melarutkan hemiselulosa dan lignin yang berfungsi sebagai perekat selulosa. Ketika hemiselulosa dan lignin telah dilarutkan, selulosa yang semula terikat dan tersusun rapi menjadi dapat bergerak bebas sehingga

kristalinitas pada selulosa setelah mengalami perlakuan alkali akan mengalami penurunan.

Selain itu, berdasarkan hasil data kristalinitas di atas, dapat disimpulkan pula bahwa kristalinitas dari sampel cenderung meningkat ketika waktu hidrolisis ditingkatkan, namun dari segi konsentrasi asam, kristalinitas pada konsentrasi yang lebih rendah memiliki nilai yang relative lebih tinggi. Kristalinitas tertinggi diperoleh pada kondisi hidrolisis 0,1 M selama 8 jam dengan nilai kristalinitas mencapai 84,3%. Pengujian *FT-IR* dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari proses hidrolisis secara kualitatif. Spektrum pada bilangan gelombang 4500 cm^{-1} - 400 cm^{-1} dari sampel hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. (a). Puncak absorbansi pada $(1420-1430)\text{ cm}^{-1}$ dan (b). Nilai absorbansi pada $(1420-1430)\text{ cm}^{-1}$.

Spektrum *FT-IR* di atas dinormalisasi terhadap bilangan gelombang 1597 cm^{-1} yang mengacu kepada *stretching* C=C dari lignin [5]. Pengaruh dari hidrolisis dapat diketahui melalui kecenderungan yang terjadi terhadap absorbansi dari puncak pada bilangan gelombang 1430 cm^{-1} - 1430 cm^{-1} yang menunjukkan deformasi CH_2 pada CH_2OH dari selulosa [6,16,17]. Perubahan absorbansi yang terjadi pada puncak bilangan gelombang tersebut dapat mengindikasikan keberadaan struktur kristalin selulosa [16-18]. Puncak spektrum dan perubahan nilai absorbansi pada bilangan

gelombang (1430-1420) cm^{-1} dari hasil pengujian yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 5. Berdasarkan data yang diperoleh, ditunjukkan bahwa nilai absorbansi dari serat kapuk *native* pada bilangan gelombang tersebut mengalami penurunan setelah serat kapuk melalui proses perlakuan basa selama 8 jam kemudian meningkat setelah dilakukan proses hidrolisis dengan nilai absorbansi yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat kapuk *native*, namun nilai absorbansi hasil hidrolisis pada konsentrasi yang lebih tinggi memiliki nilai absorbansi lebih rendah dengan nilai absorbansi tertinggi dicapai pada hasil hidrolisis dengan 0,1 M.

Hasil yang diperoleh dari hasil pengujian kuantitatif melalui *XRD* maupun kualitatif melalui *FT-IR* mengindikasikan bahwa proses yang dilakukan telah berhasil untuk mengekstraksi MCC dari serat kapuk. Nilai persen kristalinitas yang diperoleh dari proses hidrolisis yang dilakukan berkisar antara 71,72% - 84,13%, dengan nilai kristalinitas tertinggi diperoleh pada kondisi hidrolisis 0,1 M selama 8 jam. Persentase kristalinitas yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menghasilkan MCC serat kapuk dengan kristalinitas sebesar 62,5% [16]. Hal ini mengindikasikan bahwa MCC yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki kualitas yang cukup baik.

Hasil pengujian *XRD* yang menunjukkan bahwa kristalinitas akan meningkat ketika dilakukan proses hidrolisis konsisten dengan turut meningkatnya absorbansi dari puncak hasil pengujian *FT-IR* pada bilangan gelombang 1430cm^{-1} - 1420cm^{-1} yang mengindikasikan keberadaan struktur kristalin dari selulosa. Data kristalinitas hasil pengujian *XRD* yang menunjukkan nilai kristalinitas yang lebih rendah dengan meningkatnya konsentrasi asam juga turut didukung oleh hasil pengujian *FT-IR* yang menunjukkan fenomena serupa dimana hasil hidrolisis dengan konsentrasi 0,1 M selama 8 jam memiliki nilai absorbansi tertinggi yang kemudian diikuti oleh hasil hidrolisis 0,3 M dan 0,5M secara berurutan. Penurunan kristalinitas pada konsentrasi yang lebih tinggi tersebut dapat disebabkan oleh turut terhidrolisisnya wilayah kristalin dari selulosa pada kondisi tersebut, yang kemudian menyebabkan strukturnya menjadi lebih tidak teratur sehingga kristalinitasnya menurun [19]. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa MCC serat kapuk dapat diekstrak pada kondisi asam yang relatif rendah.

KESIMPULAN

Mikrokristalin selulosa telah berhasil diekstrak dari serat kapuk melalui tahapan perlakuan basa dengan NaOH 17,5% selama 8 jam $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan proses hidrolisis pada konsentrasi 0,1 M; 0,3 M; dan 0,5 M. Kristalinitas dari MCC serat kapuk yang diperoleh menunjukkan kecenderungan untuk semakin meningkat dengan meningkatnya waktu hidrolisis namun akan lebih tinggi

pada konsentrasi asam yang lebih rendah. Kristalinitas MCC serat kapuk tertinggi yang diperoleh dalam penelitian ini adalah 84,13% dengan kondisi hidrolisis 0,1 M selama 8 jam. Hasil juga mengindikasikan bahwa MCC dapat diperoleh dari serat kapuk dengan kondisi asam yang relatif rendah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada IA-ITB atas dukungan dana penelitian yang telah diberikan.

DAFTAR ACUAN

- [1]. Kementerian Pertanian Indonesia. "Basis Data Statistik Pertanian." Internet: <https://aplikasi.pertanian.go.id/bdsp/newkom.asp>, [14 Oktober 2015].
- [2]. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. "Kapok." Internet: http://balittas.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=83&Itemid=12, [13 Oktober 2015].
- [3]. M. Robert. "Kapok (Ceiba Pentandra)." Internet: <http://www.wildfibres.co.uk/html/kapok.html>, [13 Oktober 2015].
- [4]. J. Liu and F. Wang. "Influence of Mercerization on Micro-structure and Properties of Kapok Blended Yarns with Different Blending Ratios". *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, vol. 6, 2011.
- [5]. S. Chairrekij, A. Apirakcha'iskul, Suvarnakich K., and S. Kiatkamjornwong. "Kapok I: Characteristics of Kapok Fiber as a Potential Pulp Source for Papermaking". *Bioresources*, vol.7, no. 1, pp. 475-488, 2012.
- [6]. S. F. S. Draman, R. Daik, F. A. Latif, and S. M. Sheiks. "Characteristics and Thermal Decomposition Kinetics of Kapok (Ceiba pentandra L.)-Based Cellulose". *Bioresources*, vol.9, no.1, pp.8-23, 2014.
- [7]. K. Hori, M. E. Flavie, S. Kuga, T. B. T. Lam, and K. Iiyama. "Excellent oil absorbent kapok [Ceiba pentandra (L.) Gaertn.] fiber: fiber structure, chemical characteristics, and application". *Journal of Wood Science*, vol. 46, issue 5, pp. 401-404, Oct. 2000.
- [8]. R. Sinclair. *Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology*. Cambridge: Elsevier, 2015.
- [9]. R.J. Moon, A. Martini, J. Nairn, J. Simonsenf and J. Youngblood. "Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites". *Chem. Soc. Rev.*, vol. 40, pp.3941-3994, 2011.
- [10]. R. R. Rizkiansyah, Mardiyati, Steven and R. Suratman. "Crystallinity and Thermal Resistance of Microcrystalline Cellulose Prepared from Manau Rattan". *AIP Confrence Proceeding 1725*, Apr. 2016.

- [11]. C. Zhou and Q. Wu. "Recent Development in Applications of Cellulose Nanocrystals for Advanced Polymer-Based Nanocomposites by Novel Fabrication Strategies". *InTech*, Aug. 2012.
- [12]. S. Ummartyotin, and C. Pechyen. "Microcrystalline Cellulose and Polypropylene Based Composite: A Simple, Selective and Effective Material for Microwave Packaging". *Carbohydrate Polymers*, vol. 142, pp. 133-140, 2016.
- [13]. M. S. Jahan, A. Saeed, Z. He, and J. Ni. "Jute as Raw Materials for the Preparation of Microcrystalline Cellulose". *Cellulose*, vol. 18, no. 2, pp. 451-459, 2011.
- [14]. P. Handayani, J. Tanuwijaya, Karsono. "Pengaruh Selulosa Mikrokristal Kulit Buah Kapuk Terhadap Laju Disolusi Tablet Furosemida". *Journal of Pharmaceutics and Pharmacology*, vol. 1, no. 1, pp. 55-62, 2012.
- [15]. T. Rijavec. "Kapok v tehničnih tekstilijah (Kapok in Technical Textiles)". *Tekstilec*, vol. 51, no. 10-12, pp. 319-331, 2008.
- [16]. W. Pichayakon, J. Suksaeree, P. Boonme." NR Blends and IPNs: Miscibility and Immiscibility, in Natural Rubber Materials, Volume 1: Blends and IPNs, chapter 7, Published by the Royal Society of Chemistry, 2013.
- [17]. R. G. Zhbarakov. "Infrared Spectra of Cellulose and Its Derivatives". New York, Springer Science, Business Media, 1966.
- [18]. M. Poletto, L. Heitor, O. Júnior and A. J. Zattera. "Native Cellulose: Structure, Characterization and Thermal Properties". *Materials*, vol. 7, pp. 6105-6119, 2014.
- [19]. M. Pan, X. Zhou, dan M. Chen. "Cellulose Nanowhiskers Isolation and Properties from Acid Hydrolysis Combined with High Pressure Homogenization". *BioResources*, vol. 8, no. 1, pp. 933-943, 2013.