

OPTIMASI TEKNOLOGI PRODUKSI NANOFIBER SELULOSA BAMBU AMPEL (*Bambusa vulgaris*)

Fakhruzy¹, Naresworo¹, F. Febrianto¹, S. Nikmatin^{2*}

¹Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, ²Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan IPA, Institut Pertanian Bogor. Kampus IPB Dramaga, Bogor.
e-mail: sitinikmatin@yahoo.co.id

ABSTRACT

Bamboo Ampel (bambusa vulgaris) is one of the lignocellulose -containing plants. Easy cultivation and a brief period of growth illustrate the potential of bamboo as a substitute for the use of synthetic fibers. Production process to produce fibers in the size of the nanofiber is the focus in this study. Semi-chemical pulping processed with NaOH done to soften and separate the cellulose fibers. Mechanical processed with disc refiner for atrial fibers (for 4, 7, 10, 13, and 16 times) do well in order to know fibrillation process optimization. Microfibrils which are formed during the ultrasonic wave treatment applied for 2 hours to change the size of the microfibrils into a nanofiber. The results of the treatment were dried with freeze dryer, and then analyzed using a scanning electron microscopy (SEM) and X - ray diffraction (XRD) . The results of the SEM analysis showed that the duration of mechanical processes will affect the size of the resulting cellulose microfibrils. Mechanical process 16 times , which has been treated ultrasonic , produce cellulose microfibrils with 480 nm size and crystallinity of cellulose based on the JCPDS (ICDD) cellulose (C₆H₁₀O₅) X has a monoclinic structure for a = 7.87, b = 10.31, c = 10, 13 and $\alpha = \gamma = 90 \neq \beta = 122.0$, hkl values (position crystalline cellulose) are in the field of 002 (20 639).

Keywords: Bamboo Ampel Semi- chemical pulping process, mechanical process, ultrasonic wave treatment.

ABSTRAK

Bambu Ampel (bambusa vulgaris) merupakan salah satu tumbuhan yang mengandung lignoselulosa. Pembudidayaan yang mudah dan jangka waktu pertumbuhan yang singkat menggambarkan potensi bambu sebagai substitusi penggunaan serat sintetis. Proses produksi menghasilkan serat dalam ukuran nanofiber menjadi fokus dalam penelitian ini. Proses semikimia pulping dengan NaOH dilakukan untuk melunakkan serat dan memisahkan selulosa. Proses mekanik dengan disc refiner untuk fibrilasi serat (selama 4, 7, 10, 13, dan 16 kali) sehingga diketahui optimasi proses fibrilasi. Mikrofilibril yang terbentuk diultrasonikasi selama 2 jam untuk mengubah mikrofilibril menjadi ukuran nanofiber. Hasil ultrasonikasi terlebih dahulu dikeringkan dengan freeze dryer dan selanjutnya dianalisis menggunakan alat scanning electron microscopy (SEM) dan X-ray diffraction (XRD). Hasil analisis dengan SEM menunjukkan lamanya proses mekanik mempengaruhi ukuran mikrofilibril selulosa yang dihasilkan. Proses mekanik 16 kali yang telah diultrasonikasi menghasilkan mikrofilibril selulosa dengan ukuran 480 nm dan kristalinitas selulosa berdasarkan JCPDS (ICDD) selulosa (C₆H₁₀O₅)X memiliki struktur monoklinik

karena $a = 7,87$, $b = 10,31$, $c = 10,13$ dan $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta = 122^\circ$, nilai hkl (posisi kristal selulosa) berada pada bidang 002 (20.639).

Kata kunci : bambu ampel, proses semi-kimia pulping, proses mekanik, ultrasonikasi

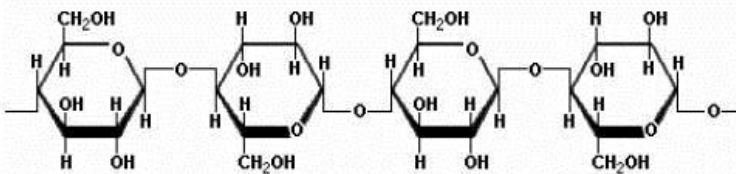
PENDAHULUAN

Spesies bambu di Indonesia sekitar 143 jenis, luas areal bambu di Indonesia sekitar 37,9 juta rumpun bamboo.¹ Bambu Ampel (*bambusa vulgaris*) memiliki kekuatan mekanis *modulus of elasticity* sebesar 75.036 kgf/cm² dan *modulus of rupture* sebesar 483 kgf/cm². Kandungan kimia bambu Ampel adalah selulosa 45,3%, lignin 25,6%, abu 3,09%, silika 1,78%, dan pentosan 20,4%.² Panjang serat 2.299 mm dan lebar 0.026 mm.

Sifat serat alami bervariasi tergantung pada diameter serat, struktur, derajat polimerisasi, struktur kristal dan sumber dari serat.³ Serat alami mengandung lignoselulosa yang terdiri dari gabungan yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Serat alami memiliki berat jenis yang rendah, kekuatan dan kekakuan yang baik,⁴ budidaya yang relatif cepat, lebih ekonomis, ramah lingkungan, tidak berbahaya bagi kesehatan, dan bersifat *biodegradable*.

Selulosa tersusun atas unit-unit β -D-glukopiranosida dengan ikatan glikosida (1 \rightarrow 4). Molekul selulosa seluruhnya berbentuk linier dan mempunyai ikatan-ikatan hidrogen intra dan intermolekul.⁵ Ikatan hidrogen membuat selulosa tidak mudah larut sehingga memiliki kekakuan yang tinggi.⁶

Molekul selulosa membentuk agregat yang bersama-sama dalam mikrofibril membentuk fibril-fibril dan akhirnya serat-serat selulosa. Derajat polimerisasi sekitar 10.000, selulosa padat membentuk struktur mikrokristalin terdiri dari daerah kristalin dan amorf.



Gambar 1. Struktur selulosa

Pemisahan mikrofibril selulosa dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti mekanik, kimia dengan mekanik, dan enzim dengan mekanik. Penelitian ini menggunakan metode kimia dengan mekanik. Pulp semi kimia dengan menggunakan natrium hidroksida (NaOH) konsentrasi rendah. NaOH berfungsi untuk melunakkan serat, memisahkan selulosa dari ikatan, dan melarutkan lignin dan zat-zat lain yang terkandung. Untuk proses fibrilasi nanofibril selulosa terlebih dahulu diperlukan perlakuan kimia untuk memutuskan ikatan hidrogen selulosa.⁷

Nanoteknologi menjadi perhatian bagi para peneliti, transisi dari mikrofibril menjadi nanofiber menghasilkan perubahan signifikan terhadap

sifat fisis dan mekanis produk. Serat berukuran nano memiliki luas permukaan per satuan volume berbanding terbalik dengan diameter material, semakin kecil diameternya, semakin besar luas permukaan per satuan volume.

Ultrasonikasi adalah salah satu metode untuk mendegradasi mikromolekul menjadi ukuran nano, hal ini dipengaruhi oleh kontrol waktu dan frekuensi yang digunakan. Ultrasonikasi menimbulkan efek kavitasi akustik. Kavitasi adalah peristiwa pembentukan, pertumbuhan, dan meledaknya gelembung didalam cairan yang melibatkan sejumlah energi yang sangat besar.

METODOLOGI

Persiapan bahan baku

Bambu Ampel yang digunakan berumur ≥ 3 tahun dalam kondisi segar. Bagian yang digunakan yaitu bagian pangkal bebas kulit, lalu dibentuk menjadi chip ukuran 2 - 3 cm dan dioven dengan suhu $105 \pm 3^\circ\text{C}$ untuk menentukan kadar air. Perhitungan kadar air mengikuti rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar air} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

dimana, A = berat awal

B = berat akhir

Proses pulping semikimia

Chip disiapkan sebanyak 250 g, konsentrasi NaOH 2,5 % (1:10).⁸ Proses pemasakan dengan alat digester selama 2 jam menggunakan suhu 170°C . Chip dikeluarkan dan dikondisikan selama 24 jam, setelah itu dicuci sampai pH netral.

Proses mekanik

Proses mekanik dilakukan setelah metode pulping semikimia dengan menggunakan alat *disc refiner* sebanyak 4,7, 10,13, dan 16 kali, hal ini bertujuan untuk fibrilasi mikrofibril selulosa dan dilakukan pengeringan secara alami

Proses ultrasonikasi

Proses pembentukan nanofiber dengan menggunakan alat ultrasonikasi. Mikrofibril selulosa ditimbang sebanyak 5 g sebagai massa awal, dilarutkan dalam aquades 500 ml (1:100) dan dibiarkan selama 24 jam. Sampel diultrasonikasi dengan menggunakan gelombang berfrekuensi (f) = 20 kHz dengan waktu 2 jam

Freeze drying

Proses pengeringan menggunakan *freeze dryer* dengan suhu -0°C hingga $+20^\circ\text{C}$ selama 48 jam.

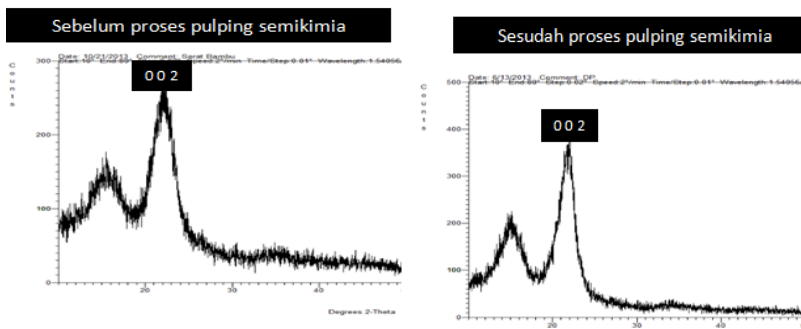
Analisis Mikrofibril Selulosa

Analisis yang dilakukan meliputi, *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaan dan analisis difraksi sinar-X (XRD) untuk mengetahui kristalografi selulosa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis X-Ray Diffraction

Dari analisis difraksi sinar-X terlihat grafik yang tinggi menggambarkan kristalinitas selulosa dan grafik yang rendah menggambarkan amorf (komponen non selulosa). Nilai kristalinitas selulosa sebelum dan sesudah proses pulping semikimia sekitar ± 300 dan ± 400 . Hal ini menggambarkan nilai kristalinitas mengalami peningkatan. Nilai amorf sebelum dan sesudah proses pulping semikimia tidak terlalu mengalami perubahan, karena mungkin rendahnya konsentrasi NaOH yang digunakan. NaOH berfungsi melunakkan struktur serat, memisahkan selulosa dan melarutkan komponen non selulosa. Konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi juga bisa mengakibatkan degradasi pada selulosa.



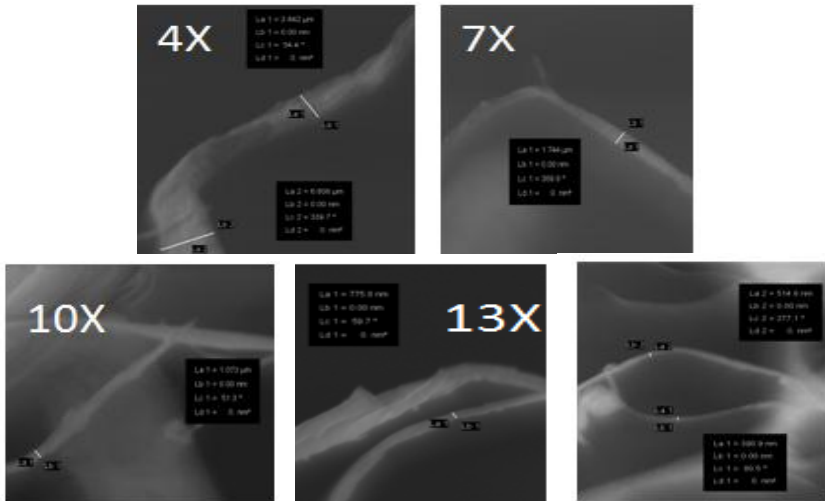
Gambar 2. Pola difraksi sinar-X sebelum dan setelah *pulping*

Berdasarkan data JCPDS (ICDD) selulosa $(C_6H_{10}O_5)_x$ memiliki struktur monoklinik karena $a = 7,87$, $b = 10,31$, $c = 10,13$ dan $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta = 122^\circ$, nilai hkl (posisi kristal selulosa) berada pada bidang 002 (20.639) nilai ini sesuai dengan database JCPDS. Hal ini menggambarkan selulosa yang dihasilkan bermutu untuk diaplikasikan ke produk biokomposit.

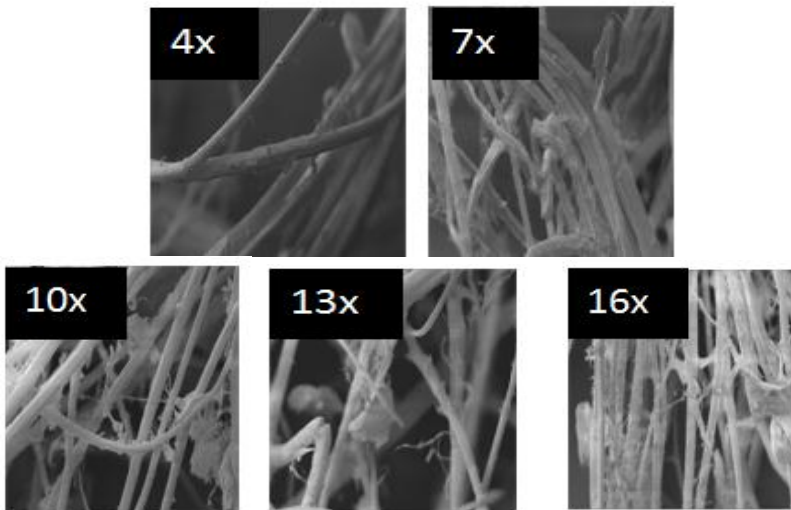
Analisis *Scanning Electron Microscopy*

Setelah perlakuan kimia dengan proses pulping semikimia dengan NaOH serat difibrilasi menggunakan alat *disc refiner* dan dilanjutkan dengan alat ultrasonikasi. Analisis dengan SEM perbesaran 2000x terlihat, semakin lamanya proses mekanik dengan *disc refiner* menghasilkan ukuran serat yang lebih kecil, pada *disc refiner* 4x (5,1 μ m), 7x (1,7 μ m), 10x (1,07 μ m), 13x (775,8nm), 16x (480nm). Hal ini mengindikasikan proses mekanik sangat berpengaruh dalam proses fibrilasi selulosa.

Dari gambar terlihat serat mengalami degradasi. Semakin lama proses *disc refiner*, maka serat akan semakin halus dan serat banyak yang terfibrilasi atau terurai.



Gambar 3. Hasil analisis SEM dengan perbesaran 2000x



Gambar 4. Hasil analisis SEM dengan perbesaran 50x

SIMPULAN

Proses pulping dapat menurunkan kandungan selulosa namun memiliki derajat kristalinitas selulosa Refiner 16 kali menghasilkan ukuran nanofiber yang optimum dengan ukuran 480 nm. Metode pulping kimia dan refiner dapat digunakan untuk sintesa nanofiber bagian pangkal bambu ampel (*bambussa vulgaris*) bebas kulit

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Kehutanan. Hutan Rakyat Indonesia Sangat Prospektif Untuk Industri Kehutanan. 2005. Jakarta
2. Dransfield, S., E.A. Widjaja. Plant Resources of South East Asia (PROSEA) No. 7: Bamboos. Backhuys Publisher. 1995. Leiden.
3. Kalia, S. Kaith, B.S. Kaur, I. Cellulose Fibers Bio-and Nano-Polymer Composites. Springer Heidelberg Dordrecht London. 2011. New York
4. Bledzki, A.K. Sperber, V.E, Faruk, O. Natural and Wood Fiber Reinforcement in Polymers. 2002. Rapra Technology Ltd
5. Sjostrom, E. Terjemahan. Kimia Kayu, Dasar-Dasar dan Penggunaan. Edisi kedua: Gajah Mada University Press. 1995. Yogyakarta
6. Eichhorn, S.J. Dufresne, A. Aranguren, M. Marcovich, N.E. Capadona, J.R. Rowan, S.J. Weder, C. Thielemans, W. Roman, M. Renneckar, S. Gindl, W. Veigel, S. Keekes, J. Yano, H. Abe, K. Nogi, M. Nakagaito, A.N. Mangalam, A. Simonsen, J. Benight, A.S. Bismarck, A. Berglund, L.A. Peijs, T. Springer Journal Science 2010. Business Media
7. Lavoine ,N. Desloges, I. Dufresne, A. Bras, J. Microfibrillated cellulose its Barrier Properties and Aplications in Cellulosic Materials:A review. Carbohydrate Polymers Journal. 2012. 90 : 735– 764
8. Surbayakto, Euis H, Dede H Y L, Fitria, Ismail B, Ismadi, Nanang M, Bambang S. Proses Pembuatan Serat Selulosa Berukuran Nano dari Sisal (*Agave sisalana*) dan Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*). UPT Balai Litbang Biomaterial LIPI. 2009. Cibinong