

PEMBUATAN *NANOFIBER* SERAT RAMI (*BOHMERIA NIVEA*) DENGAN METODE SEMIMEKANIS

¹Gery Prizlanto, ²Heru Santoso Budi Rochardjo

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur Yogyakarta 55281

Pascasarjana Program Beasiswa Fasttrack DIKTI 2012

e-mail: ¹geryprizlanto@yahoo.com.

Abstrak. *Selulosa adalah biopolimer alami yang ketersediaannya melimpah, dapat diperbaharui, dan biodegradable. Serat selulosa alami paling banyak terdapat pada tumbuh-tumbuhan (Lima & Borsali, 2005). Serat rami telah menarik banyak perhatian karena biodegradabilitas dan sifatnya yang ramah lingkungan. Micro/nanofiber yang diperoleh dari serat alam memiliki properti mekanis yang jauh lebih tinggi, dimana hal ini menjadi hal yang sangat menarik perhatian para peneliti. Proses pengubahan serat rami dari ukuran makro menjadi nanofiber dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satu diantaranya adalah dengan metode semimekanis. Dalam metode ini, serat rami mendapat perlakuan secara kimia dengan larutan NaOH 5% terlebih dahulu sebelum diproses secara mekanis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari metode semimekanis diatas menyebabkan terjadinya perubahan ukuran serat rami dari serat berdiameter > 10 μm menjadi serat yang berukuran antara kurang lebih 100 – 500 nm. Karakterisasi serat makro dan nano dilakukan dengan alat Scanning Electron Mycroscopy (SEM).*

Kata kunci: *nanofiber, rami, semimekanis, SEM*

1. Pendahuluan

Saat ini, banyak peneliti dan pabrik-pabrik yang menggunakan serat alam untuk menggantikan serat buatan seperti serat gelas sebagai material penguat dengan tujuan untuk menghasilkan produk yang lebih ramah lingkungan karena serat alami ini memiliki banyak keunggulan antara lain dapat diperbaharui, hemat biaya, ringan, dan kekuatan spesifik yang tinggi (George dkk.,2001). Serat rami telah menarik banyak perhatian karena biodegradabilitas dan sifatnya yang ramah lingkungan. Rami (*Bohmeria nivea*) merupakan tanaman yang tumbuh di daerah tropis. Rami tumbuh hingga 2.5 meter, iklim yang baik untuk rami adalah iklim yang lembab dan hangat, dengan curah hujan minimal 1000mm. Rami termasuk tanaman dengan serat yang dapat digunakan dalam berbagai kebutuhan.

Ada ketertarikan yang tengah meluas saat ini dalam mengembangkan material yang lebih ramah lingkungan, salah satunya adalah dengan memanfaatkan selulosa sebagai material polimer yang berasal dari alam (Teixeira dkk., 2010). Rantai selulosa dalam kondisi alaminya tergabung dalam urutan tertentu yang membentuk *nanocrystal* (whiskers), yang distabilkan oleh ikatan hidrogen baik inter maupun intra-molekuler (Alemdar & Sain, 2008). Ikatan hidrogen ini membuat *nanocrystal* terlarut sepenuhnya dalam air yang menjadikan material ini memiliki kekuatan mekanis yang hanya dibatasi oleh gaya tarik antar atom (Kamel,2007).. Pada struktur dinding sel tanaman sayuran,

selulosa *nanocrystal* tersebut terbagi menjadi bentuk serat-serat berukuran mikro/nano yang menjadi penyusun serat selulosa individu (Eichorn dkk., 2010).

Kata “*whiskers*” digunakan untuk menamai serat nano yang berbentuk batang kristal yang memanjang, sedangkan serat mikro/nano digunakan untuk menamai serat nano yang panjang dan fleksibel yang terdiri dari kristal-kristal dan rantai selulosa yang amorf (Siquera dkk., 2009). *Nanofiber* bisa diperoleh dari metode mekanis dan kimiawi. Metode mekanis yang dapat dilakukan antara lain *refining* atau *high shear homogenization*, *microfluidization*, dan *sonication*. Metode yang lain adalah dengan metode kimiawi, dimana metode ini melibatkan hidrolisis enzimatis, hidrolisis asam dengan sulfur maupun asam hidroklorik (Correa dkk., 2010).

Salah satu metode pembuatan serat berukuran nano adalah dengan metode semimekanis. Dalam metode ini, serat mendapat *pretreatment* secara kimia terlebih dahulu sebelum diproses secara mekanis. Fungsi dari *pretreatment* ini adalah untuk menghilangkan lignin sehingga ukuran serat menjadi lebih kecil namun kandungan selulosa pada serat tetap dijaga persentasenya agar serat tidak rusak.

1.1 Serat Rami

Rami adalah jenis serat tekstil yang tertua yang digunakan pada kehidupan sehari-hari. Rami sudah digunakan pada 5000-3000 tahun sebelum masehi di Mesir dan digunakan di Cina sejak berabad-abad yang lalu. Saat ini, produsen besar rami adalah Cina, Brasil, Filipina, India, Korea Selatan, dan Thailand. Serat rami banyak digunakan pada industri tekstil dan kertas. Sifat mekanis rami cukup baik untuk berbagai aplikasi, misalnya pada aplikasi material komposit. Hal ini dapat dilihat pada data properti mekanisnya pada Tabel 1.

Tabel 1
Data properti serat rami (Marsyahyo dkk., 2005)

Karakter serat	Jacob, dkk	Singh	Andre
Density (gr/cm ³)	-	1,51-1,55	1,5
Diameter (μm)	-	40-50	30-50
Tensile Strength (Mpa)	400-338	931	500-730
Elongation (%)	3,6-3,8	3,0-7,0	2
Modulus Young (Gpa)	61,4-128	-	2,9-44

1.2 Selulosa

Selulosa merupakan polimer dengan rumus kimia polimer gula, $(C_6H_{10}O_5)_n$. Di sini, n adalah jumlah pengulangan unit gula atau derajat polimerisasi yang harganya bervariasi bergantung sumber selulosa dan perlakuan yang diterimanya. Kebanyakan serat untuk pembuat pulp mempunyai derajat polimerisasi 600–1500. Selulosa terdapat pada sebagian besar dinding sel dan bagian-bagian berkayu dari tumbuh-tumbuhan. Selulosa mempunyai peran yang menentukan sifat serat yang memungkinkannya untuk membuat kertas. Untuk membuat pulp diperlukan serat-serat yang mempunyai kadar selulosa yang tinggi. Sifat-sifat bahan yang mengandung selulosa berhubungan dengan derajat polimerisasi molekul selulosa. Berkurangnya berat molekul di bawah tingkat tertentu akan menyebabkan berkurangnya ketangguhan. Ketangguhan serat terutama ditentukan oleh bahan mentah dan proses yang digunakan dalam pembuatan pulp. Serat selulosa memiliki sifat-sifat yang memenuhi syarat pembuatan kertas. Sifat terbaik bahan pembuat kertas adalah jika banyak lignin yang tersisih dari serat. Molekul selulosa seluruhnya berbentuk linier dan mempunyai kecenderungan kuat untuk membentuk ikatan-ikatan hidrogen, baik dalam satu rantai polimer selulosa maupun antar rantai polimer yang berdampingan. Ikatan hidrogen ini menyebabkan selulosa bisa berada dalam ukuran molekul yang besar, dan memiliki sifat kekuatan tarik yang tinggi (Dewi dkk.,2010).

1.3 Lignin

Lignin merupakan makromolekul ketiga yang terdapat dalam biomassa, yang berfungsi sebagai pengikat antar serat. Struktur molekul lignin sangat berbeda dari polisakarida, karenalignin terdiri dari sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenil propana. Sifat-sifat lignin yaitu tidak larut dalam air dan asam mineral kuat, larut dalam pelarut organik dan larutan alkali encer. Lignin yang terikut dalam produk pulp menurunkan kekuatan kertas dan menyebabkan kertas menguning. Lignin dapat dihilangkan dari bahan dinding sel yang tak larut dengan klor dioksida. Pulp akan mempunyai sifat fisik atau kekuatan yang baik apabila mengandung sedikit lignin. Hal ini karena lignin bersifat menolak air dan kaku sehingga menyulitkan dalam proses penggilingan. Kadar lignin untuk bahan baku kayu 20-35 %, sedangkan untuk bahan baku non-kayu lebih kecil lagi (Dewi dkk.,2010).

1.4 NaOH

Natrium Hidroksida anhidrat berbentuk kristal berwarna putih. NaOH bersifat sangat korosif terhadap kulit. Istilah yang paling sering digunakan dalam industri yaitu soda kaustik. Soda kaustik apabila dilarutkan dalam air akan menimbulkan reaksi eksotermis (Dewi dkk.,2010).

2. Bahan dan metode pembuatan

2.1 Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat tanaman rami (*Bohmeria nivea*) dalam bentuk woven seperti yang terlihat pada Gambar 1, yang kemudian nanti akan diubah menjadi serat *nanofiber* dengan metode semimekanis. Hasil proses semimekanis ini kemudian dikarakterisasi dengan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM).



Gambar 1. Serat rami dalam bentuk woven sebagai material awal nanofiber

2.2 Metode pembuatan nanofiber

Metode pembuatan *nanofiber* yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode semimekanis, dimana *pretreatment* secara kimiawi dilakukan terlebih dahulu sebelum serat rami diproses secara mekanis. Proses *pretreatment* kimiawi ini diantaranya melibatkan proses pemotongan serat rami dari bentuk *woven* menjadi potongan-potongan kecil yang kemudian diikuti dengan pemasakan serat dengan larutan NaOH kemudian dinetralkan pH nya sebelum diproses dengan cara mekanis.

Dalam proses pemasakan serat rami, hal yang harus diperhatikan adalah kondisi pemasakan itu sendiri, yang diantaranya melibatkan konsentrasi NaOH, suhu pemasakan, dan juga durasi pemasakan serat. Hal ini harus diperhatikan karena kondisi pemasakan akan mempengaruhi kondisi serat rami, dimana pada kondisi pemasakan yang kurang tepat justru dapat menurunkan kualitas serat, dilihat dari kandungan selulosa yang ada pada serat setelah pemasakan.

Penelitian yang dilakukan oleh Dewi, dkk. (2010) menunjukkan bahwa pemasakan serat rami yang dilakukan dengan NaOH 5%, dengan durasi pemasakan 60 menit pada suhu 105° C mampu menghasikan serat rami dengan kondisi yang optimal dibandingkan dengan pemasakan pada kondisi lain yang berbeda dengan kondisi selulosa yang tetap terjaga yaitu 84.18%. Untuk itu, penelitian ini menggunakan parameter yang sama dengan harapan dapat menghasilkan serat dengan kondisi selulosa yang terjaga. Gambar 2 menunjukkan serat rami yang telah dibuat menjadi potongan-potongan kecil kemudian dimasak dengan NaOH 5% selama 60 menit pada suhu 105° C.



Gambar 2. Serat rami yang telah dimasak dengan NaOH 5%

Proses selanjutnya adalah metode yang dinamakan nanofibrilasi. Nanofibrilasi dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan menggunakan

blender berkecepatan tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Yano dkk. (2011), telah berhasil membuat *nanofiber* dengan diameter rata-rata 15 – 20 nm dari zat kitin yang diproses dengan blender berkecepatan 34.000 rpm selama 30 menit dengan konsentrasi serat sebesar 0.7% wt.

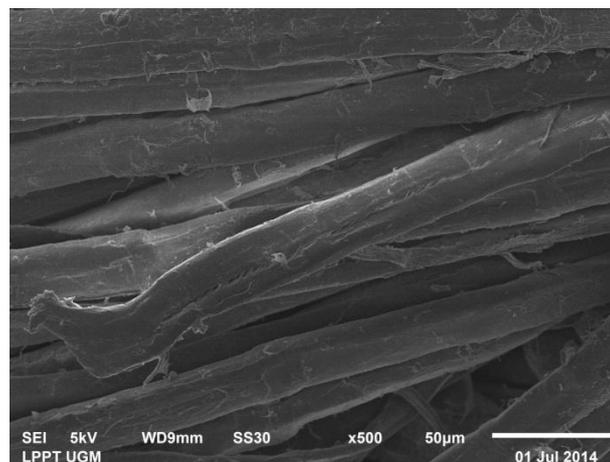
Gambar 3 menunjukkan serat rami yang telah mendapat pretreatment secara kimia dan telah diproses secara mekanis dengan blender pada 13.000 rpm selama 20 menit lalu dikeringkan. Setelah mendapat perlakuan mekanis dengan blender serat rami berbentuk seperti bubuk, dimana bentuk ini berubah menjadi seperti kertas setelah bubuk serat dikeringkan.



Gambar 3. Serat rami yang telah diblender dan dikeringkan

3. Hasil dan pembahasan

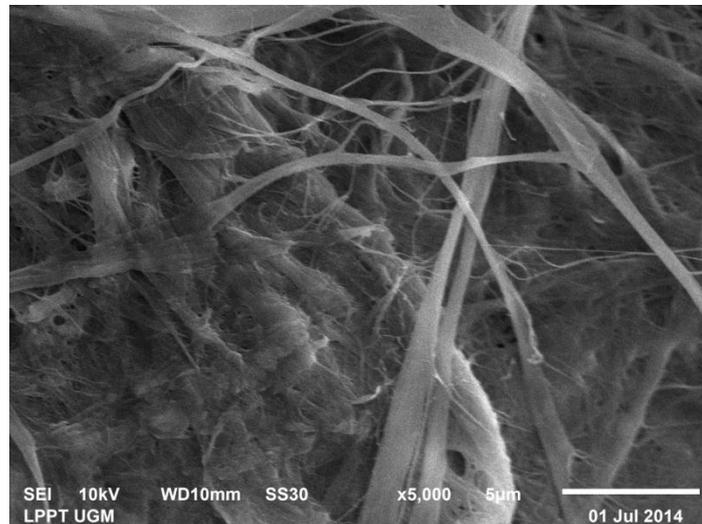
Untuk dapat membandingkan ukuran serat antara material awal yaitu serat rami woven dengan serat rami yang telah diproses secara semimekanis, maka serat-serat ini dikarakterisasi dengan SEM. Gambar 4 menunjukkan hasil pencitraan dengan alat SEM pada sampel material awal yaitu serat rami *woven*. Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa serat rami yang belum diproses memiliki diameter rata-rata 10 – 30 μm . Dalam kondisi ini, serat rami masih memiliki kandungan lignin yang cukup banyak sehingga ukuran diameternya tidak kurang dari 1 μm .



Gambar 4. Hasil SEM serat rami woven

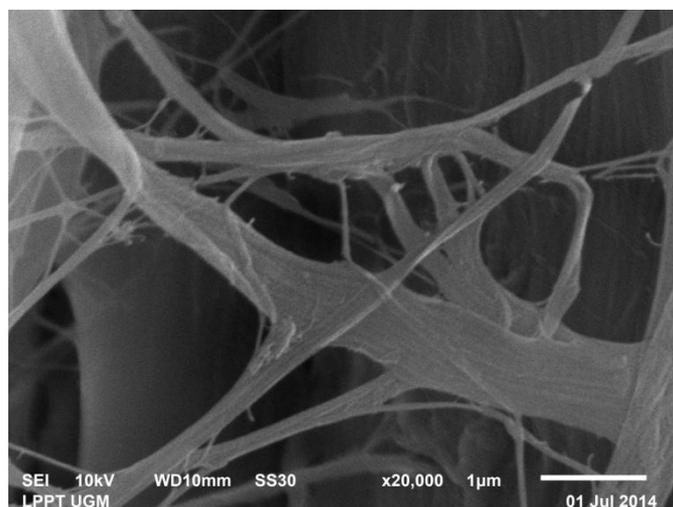
Gambar 5 adalah hasil pencitraan SEM dari serat rami yang telah mendapat *pretreatment* secara kimia, yaitu dengan alutan NaOH 5%. Dari gambar tersebut dapat

dilihat bahwa serat rami telah berubah menjadi ukuran nano meskipun dalam jumlah yang minim karena sebagian besar serat masih dalam ukuran makro. Hal ini menunjukkan bahwa perlu adanya proses tambahan agar serat rami dapat mencapai ukuran nanofiber secara merata.



Gambar 5. Hasil SEM serat rami setelah proses pretreatment secara kimia

Hasil pencitraan serat rami yang telah diproses secara semimekanis dapat dilihat pada Gambar 6, dimana pada pencitraan ini dapat dilihat bahwa serat rami telah terfibrilasi dengan lebih sempurna dan telah mencapai ukuran diameter 100 – 300 nm meskipun tidak semuanya memiliki diameter yang sama.



Gambar 6. Hasil SEM pada serat rami yang telah diproses secara semimekanis

Ukuran diameter ini dapat dicapai setelah serat rami diproses secara kimia untuk mengurangi kandungan lignin yang kemudian dilanjutkan dengan proses fibrilasi secara mekanis dengan blender pada 13.000 rpm sehingga serat dapat terpecah menjadi ukuran yang lebih kecil.

Dengan ukuran yang telah dicapai setelah diproses secara semimekanis ini diharapkan serat rami akan memiliki properti mekanis yang lebih baik sehingga dapat diterapkan pada aplikasi yang lebih luas.

4. Kesimpulan dan saran

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah pembuatan nanofiber serat rami dapat dilakukan dengan metode semimekanis yaitu proses *pretreatment* secara kimia dengan larutan NaOH 5% pada suhu 105°C selama 60 menit kemudian dilanjutkan dengan proses fibrilasi mekanis dengan blender pada 13.000 rpm selama 20 menit. Hasil dari penelitian ini adalah proses diatas dapat mengubah ukuran diameter serat rami dari $\geq 10\mu\text{m}$ menjadi berukuran 100-300 nm.

Diperlukan adanya penelitian lanjutan untuk mendapat serat rami nanofiber dengan ukuran diameter yang lebih homogen dan juga dapat mencapai ukuran dibawah 100 nm.

Daftar Pustaka

- Alemdar, A., & Sain, M. (2008). *Isolation and characterization of nanofibers from agricultural residues – Wheat straw and soy hulls*. *Bioresource Technology*, 99,1664–2167.
- Corrêa, A. C., Teixeira, E. M., Pessan, L. A., & Mattoso, L. H. C. (2010). *Cellulose nanofibers from curaua fibers*. *Cellulose*, 17, 1183–1192.
- Dewi T. K, Dandy, Akbar W.2010. *Pengaruh Konsentrasi NaOH, Temperatur Pemasakan, dan Lama Pemasakan pada Pembuatan Pulp dari Batang Rami dengan Proses Soda*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Sriwijaya. Indonesia.
- Eichhorn, S. J., Dufresne, A., Aranguren, M., Marcovich, N. E., Capadona, J. R., Rowan, S.J., et al. (2010). *Review: Current international research into cellulose nanofibres and nanocomposites*. *Materials Science*, 45, 1–33.
- George, J., Sreekala, M.S. and Thomas, S., 2001. A review on interface modification and characterization of natural fiber reinforced plastic composites. *Polymer Engineering and Science*, 41(9): 1471-1485.
- Kamel, S. (2007). *Nanotechnology and its applications in lignocellulosic composites, a mini review*. *Express Polymer Letters*, 1, 546–575.
- Lima, M. M. S., & Borsali, R. (2004). *Rodlike cellulose microcrystals: Structure, properties, and applications*. *Macromolecular Rapid Communications*, 25, 771–787.
- Marsyahyo, E., Soekrisno, R., Rochardjo, H.S.B., Jamasri, 2009, *Primary Investigation on Bulletproof Panels Made from Ramie Fiber Reinforced Composites for NIJ Level II, IIA, and IV*, *Journal of Industrial Tech. Vol.39, No.1. pp. 13-26*.
- Siqueira, G., Bras, J., & Dufresne, A. (2009). *Cellulose whiskers versus microfibrils: Influence of the nature of the nanoparticle and its surface functionalization on the thermal and mechanical properties of nanocomposites*. *Biomacromolecules*, 10, 425–432.

- Teixeira, E. M., Corrêa, A. C., Manzoli, A., Leite, F. L., Oliveira, C. R., & Mattoso, L. H.C. (2010). *Cellulose nanofibers from white and naturally colored cotton fibers*. *Cellulose*, 17, 595–606.
- Yano H., Uetani K. 2011. *Nanofibrillation of Wood Pulp Using High Speed Blender*. Kyoto University. Japan.