

Karakterisasi Selulosa Kulit Rotan Sebagai Material Pengganti *Fiber Glass* Pada Komposit

Siti Nikmatin¹, Y.Aris Purwanto¹, Tienieke Mandang¹, Akhirudin Maddu², Setyo Purwanto³

¹Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian IPB E-mail : snikmatin@ipb.ac.id

²Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB

³PT. BIN-BATAN Kawasan Puspipetek Serpong Tangerang

ABSTRAK

Pengembangan teknologi biokomposit di Indonesia memiliki prospek yang sangat potensial karena ketersediaan sumber daya alam, khususnya hasil pertanian dan limbahnya yang melimpah dan dapat diperoleh sepanjang tahun. Kulit rotan merupakan salah satu limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber serat untuk biokomposit. Tujuan penelitian ini adalah karakterisasi selulosa kulit rotan yang akan digunakan untuk menggantikan fiber glass sebagai filler pada komposit. Selulosa kulit rotan dibuat dalam bentuk *long* dan *short* fiber dengan metode fermentasi *aspergillus niger* Parameter yang dipertahankan konstan dalam setiap perlakuan adalah jenis rotan, massa rotan dan suhu. Sementara itu variabel yang diubah-ubah adalah waktu fermentasi (t_f = 4,5,6,8,10 hari) dan jumlah spora. Ekstraksi selulosa kulit rotan dengan fermentasi dapat membentuk enzim yang dapat menghancurkan jaringan tanaman non selulosa dan dapat memisahkan bahan penyusun serat dari jaringan parenkim, xilem serta jaringan epidermis dengan berat jenis 0,58 dan rendemen mencapai optimum 60,8% pada t_f = 10 hari ; Σ spora = 3×10^8 . Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan bahwa selulosa kulit rotan berstruktur kristal dengan *Apparent Crystal Size* (ACS) = 29130,42 nm dan η (*inhomogeneous mechanical micro strain*) = $0,94 \times 10^{-3}$. Karakterisasi SEM-EDS menunjukkan komposisi selulosa kulit rotan C = 47,5 % massa, O = 46 % massa serta sisanya adalah mineral. Komposisi fiber glass (sebagai kerangka acuan) yang digunakan pada aplikasi industri memiliki berat jenis 2,44, C = 42,41 % massa, O = 33,39 % massa dan sisanya adalah mineral serta berstruktur kristal (ACS = 9207nm dan η = 0,0002486).

Kata Kunci : *fiber glass, ekstraksi, selulosa, biokomposit, aspergillus niger*

PENDAHULUAN

Berkembangnya kesadaran masyarakat untuk melestarikan lingkungan hidup telah memicu pergeseran paradigma untuk mendesain material komposit yang ramah lingkungan dan hemat energi. Material komposit yang diperoleh dari keanekaragaman hayati di alam dan memiliki fungsi lebih baik dari material sintetis tentu akan menjadi pilihan masyarakat, karena lebih aman bagi kesehatan dan dapat memberikan manfaat positif pada pelestarian lingkungan. Dalam bidang rekayasa material khususnya komposit, revolusi industri material berbasis serat sintetis telah mengalami perkembangan sangat pesat. Kemudahan dan keistimewaan material *fiber glass* pada komposit telah dapat menggantikan bahan logam, baja dan kayu. Kebutuhan akan material ini pada dunia industri mencapai ratusan juta ton per tahunnya dan akan terus mengalami peningkatan. Sifatnya yang sintetis dan nonrenewable, tentunya membawa dampak merugikan baik bagi alam maupun manusia itu sendiri (Rahmaniah O 2011).

Tanaman penghasil selulosa merupakan komoditas penting setelah tanaman pangan dan Indonesia sebagai negara dengan keanekaragaman hayati yang luas memiliki peluang yang besar untuk mengeksplorasi pemanfaatan serat alam sebagai penguat komposit. Potensi serat alam dapat dikelompokkan menurut asal usulnya yakni tumbuhan, hewan dan tambang. Khusus untuk tumbuhan, serat alam dapat ditemukan pada tanaman pertanian, perkebunan dan hutan alami. Salah satu sumber

daya alam hayati yang dapat menggantikan serat sintesis *fiber glass* pada aplikasi industri manufaktur komposit adalah selulosa kulit rotan (Sisworo SJ 2009).

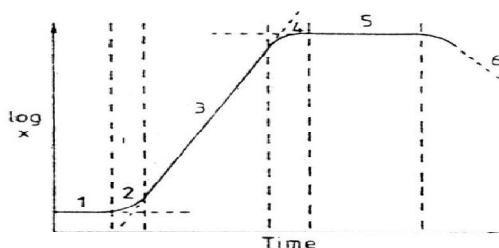
Rotan merupakan salah satu sumber hayati Indonesia, penghasil devisa negara yang cukup besar. Indonesia telah memberikan kontribusi 85% kebutuhan rotan dunia. Dari jumlah tersebut 90% rotan dihasilkan dari hutan alam yang terdapat di Sumatra, Kalimantan Tengah, Sulawesi Tengah, dan 10% dihasilkan dari budidaya rotan. Hasil utama dari rotan adalah batang rotan yang duri dan pelepah daunnya telah dihilangkan. Sementara itu kulit rotan adalah limbah. Pada pemanenan besarnya limbah kulit rotan yang terjadi pada penebangan tradisional adalah 28,5% - 40% (Tellu AT 2008).

Pada aplikasi industri komposit, salah satu masalah yang dihadapi produsen adalah pemilihan material komposit yang tepat diantara sekian banyak material yang tersedia terkait dengan efisiensi proses produksi, produk yang ramah lingkungan, kebutuhan konsumen akan produk yang ringan, murah dan kuat serta kebutuhan akan komposit yang stabil selama proses produksi berlangsung. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pengembangan material yang bisa menawarkan solusi teknik yang mengedepankan kemampuan sistem yang menjadi tujuan penelitian ini yaitu ekstraksi dan karakterisasi selulosa kulit rotan dengan metoda fermentasi *aspergillus niger* sebagai pengganti *fiber glass* pada filler komposit.

Penelitian sebelumnya tentang biokomposit berbasis selulosa dibidang transportasi diantaranya pada industri perkapalan yaitu aplikasi kulit rotan dalam bentuk anyaman sebagai penguat polimer pada bodi kapal laut (Sisworo SJ 2009). Di bidang otomotif, produsen global toyota telah mengembangkan penguat serat alam kenaf pada aplikasi eksterior bodi mobil. Berbagai riset telah dilakukan di negara maju untuk menggali berbagai potensi bahan baku biokomposit. Di Jerman pengembangan biokomposit kemasan kosmetik dengan *lifetimes* yang lebih lama dengan harga yang lebih murah pada polyhydroxybutyrat (PHB), di Jepang pengembangan *chitin* dari kulit *Crustacea*, *zein* dari jagung sebagai pelindung tabung oksigen. Di Indonesia penelitian dan pengembangan teknologi biokomposit memiliki prospek yang sangat potensial. Alasan ini didukung oleh adanya sumber daya alam, khususnya hasil pertanian yang melimpah dan dapat diperoleh sepanjang tahun sehingga eksplorasi ini dapat bermanfaat untuk menunjang pembangunan industri dan kemandirian bangsa, khususnya dalam penguasaan ilmu dan teknologi material.

METODOLOGI

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah fermentasi padat *aspergillus niger*. Kondisi atau parameter yang dipertahankan konstan dalam setiap perlakuan adalah jenis rotan, massa rotan dan suhu. Selama proses fermentasi variabel yang diubah-ubah adalah Σ spora dan waktu fermentasi ($t = 4,5,6,8$ dan 10 hari) mengacu pada Gambar 1.



Keterangan :

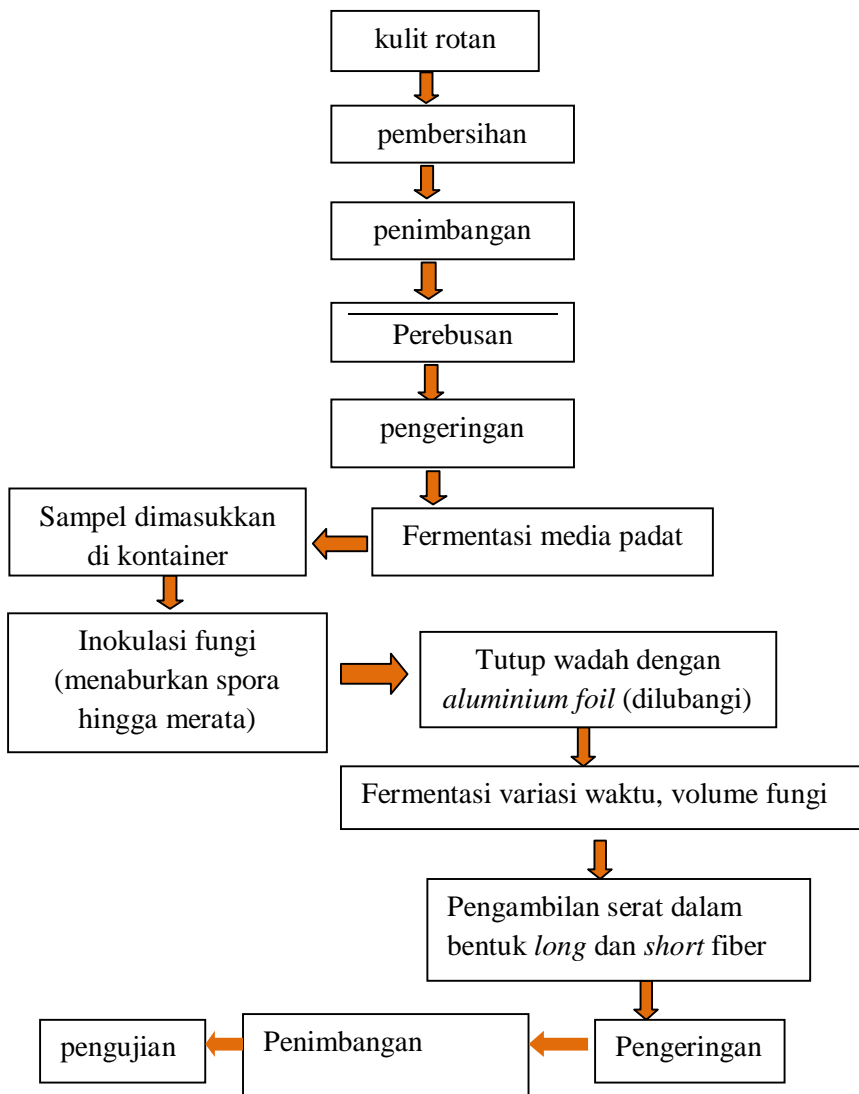
1. fase lag
2. fase akselerasi
3. fase eksponensial
4. fase deselerasi
5. fase stasioner
6. fase kematian

Gambar 1. Grafik Pertumbuhan Fungi (Indrawati Gandjar, 2006)

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Kulit rotan segar jenis sampang
- Fungi *aspergillus niger* diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi FATETA IPB

- Komposit dengan filler *Fiber Glass (FG)*
- Aquadest dan Aluminium foil
- Kompor, panci dan kontainer
- Timbangan analitik dan termometer
- Pisau, gelas ukur dan pengaduk
- *X-ray diffraction (XRD)*
- *Scanning Electron Microscope (SEM-EDS)*
- Alat uji densitas (Prinsip Archimedes)

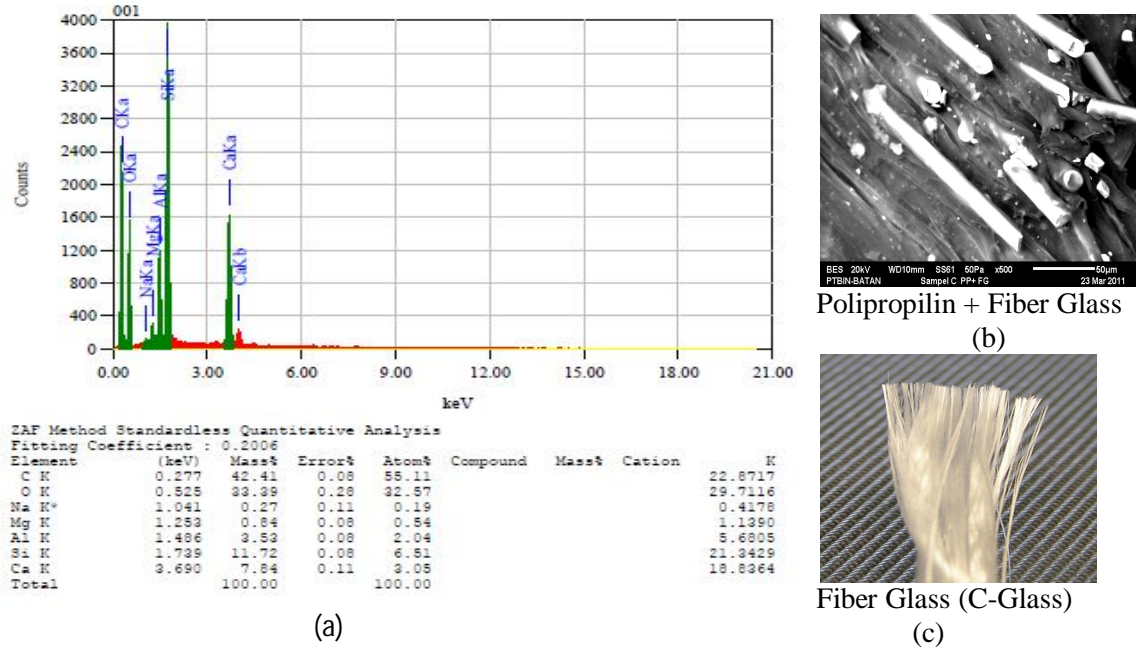


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Pengujian yang dilakukan meliputi *X Ray Diffraction (XRD)* dengan tujuan untuk identifikasi serat terhadap fasa kristalin, ukuran kristal (ACS) dan regangan mikro (η) sampel sebelum disintesa dalam biokomposit. Pengujian *Scanning Electron Microscopy (SEM)* untuk mengetahui struktur mikro permukaan sampel serta *Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS / EDX)* untuk mengetahui komposisi unsur sampel.

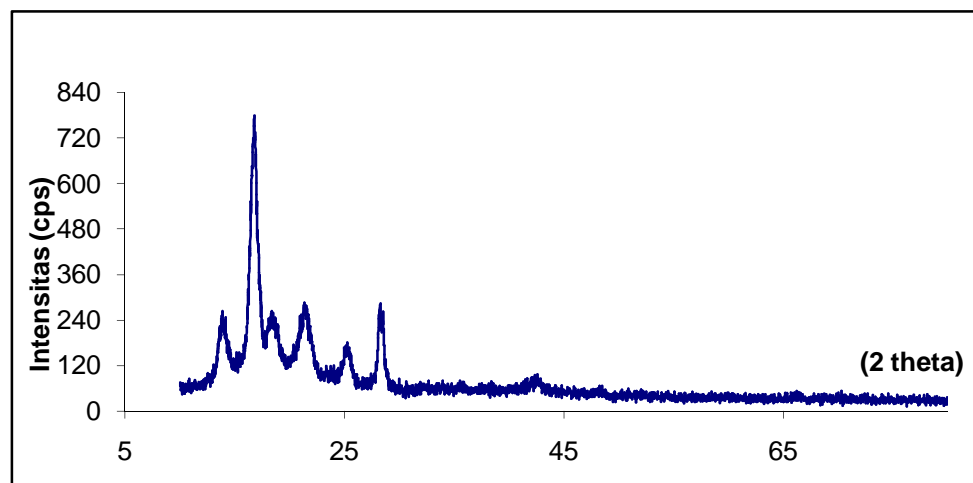
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menghasilkan serat alam sebagai pengganti *fiber glass* pada filler komposit, digunakan kerangka acuan komposit sintetis dengan matrik polimer (Polipropillin) dan filler serat sintetis *fiber glass*. Hasil *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) dihasilkan sebagai berikut :



Gambar 3. Citra SEM-EDS Komposit Polipropilin (PP) dan *Fiber Glass* (FG)

Dari Gambar 3b dapat dijelaskan bahwa penyusunan filler pada komposit aplikasi industri transportasi dalam bentuk *short fiber* dengan orientasi secara acak. Komposisi perbandingan antara matrik dan filler yang digunakan adalah 90 : 10. Sementara itu hasil EDS (Gambar 3a) dapat dianalisa bahwa komposisi filler yang digunakan pada aplikasi industri ini terdiri dari fiber dengan kadar C = 42,41 % massa, O = 33,39 % massa dan C = 55,11% atom, O = 32,57 %,atom sisanya adalah mineral (Na, Mg, Al, Si dan Ca).



Gambar 4. Profil *X-Ray Diffraction* (XRD) Komposit PP + FG

Tabel 1. Data *Reflection Bragg*, ACS dan regangan mikro komposit PP + FG

Peak	2θ	FWHM (B)		$B \cos \theta$	$\sin \theta$	ACS (Å)	Strain (η)
		($2\theta^\circ$)	(radian)				
Peak 1	16,768	0,678	0,0059137	0,002989	0,8627	9207,277	0,002486
Peak 2	28,295	0,604	0,0052682	0,000005	0,9999		
Peak 3	21,365	0,989	0,0086263	0,002656	0,9513		

Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan bahwa komposit sintetis (PP + FG) berstruktur kristal dengan FWHM (*Full Width at Half Maximum*) ditunjukkan oleh Gambar 4. Sudut pencacahan XRD yang digunakan adalah $10 - 80^\circ$ dengan sumber sinar X, Cu ($\lambda=1,542 \text{ \AA}$). Perhitungan menggunakan Metode Scherer (Persamaan 1 dan 2) pada 3 puncak tertinggi (Tabel 1) dihasilkan *Apparent Crystal Size* (ACS) = 9207,277 dan η (*inhomogeneous mechanical micro strain*) = 0,002486.

$$\dots\dots\dots ACS = \frac{0,94\lambda}{B \cos \theta} \quad [1]$$

$$\dots\dots\dots B \cos \theta = \frac{0,94\lambda}{ACS} + \eta \sin \theta \quad [2]$$

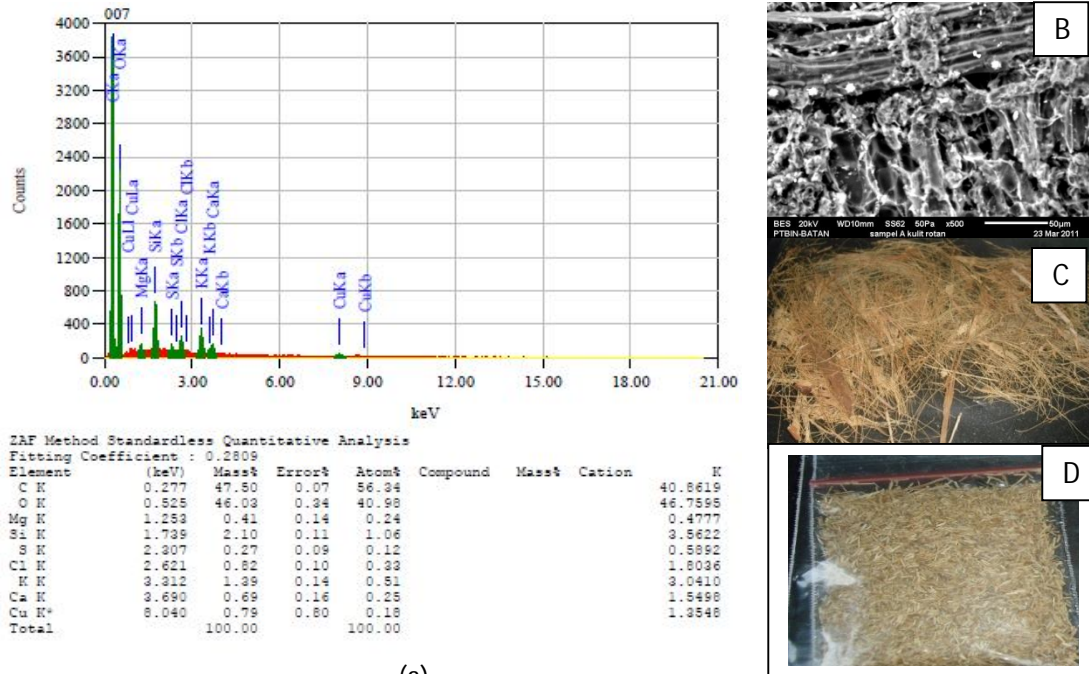
Berdasarkan analisa hasil rendemen ekstraksi selulosa kulit rotan dengan metoda fermentasi *aspergillus niger* dihasilkan *long fiber* dan *short fiber* (Gambar 5d, 5e) pada $t_F = 10$ hari; Σ spora = 3×10^8 dengan nilai optimum rendemen selulosa 304 gr (60,8%) (Tabel 2). Selama proses fermentasi berlangsung, perlu dilakukan pengulangan atau penambahan fungi di $t_F = 6$ hari dengan Σ spora = 10^8 (sampel E). Hal ini dikarenakan sifat dari tanaman rotan yang memiliki tingkat keuletan yang tinggi sehingga satu siklus fase pertumbuhan fungi (Gambar 1) belum mampu menghancurkan jaringan non selulosa. Sementara itu pemberian fungi sebesar 4×10^8 selama 10 hari pada kulit rotan, menghasilkan rendemen serat tinggi namun seratnya rapuh dan berjamur. Hal ini disebabkan oleh adanya penurunan kualitas (faktor biologi), yaitu adanya organisme yang tumbuh dan memakan karbohidrat yang terkandung dalam serat, sehingga menimbulkan enzim khusus yang merusak struktur serat dan melepaskan ikatan serat.

Tabel 2. Ekstraksi Selulosa Rotan Dengan Massa Awal Rotan 500 gr

Sampel	Waktu fermentasi W_f (Hari)	Rendemen selulosa kulit rotan (gr) pada volume fungi		
		2×10^8	3×10^8	4×10^8
A	4	0	0	0
B	5	0	0	0
C	6	0	0	113
D	8	220	257	282
E	10	246	304	291

Hasil karakterisasi struktur mikro dengan menggunakan alat uji SEM menunjukkan (Gambar 5b) struktur serat berpori dengan monomer serat yang tidak terputus satu dengan lainnya dan diantara pori-pori serat terlihat adanya perakat monomer berupa lignin. Selama proses ekstraksi selulosa, proses pemecahan senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan enzim, masih terlihat adanya batang

kulit rotan yang tidak dapat terurai oleh fungi karena ekstraksi optimum hanya 60,8 % dari massa total yaitu 500 gr kulit rotan. Analisa komposisi unsur sampel dengan menggunakan EDS (Gambar 5a) menunjukkan serat kulit rotan dominan unsur C dan O dengan persen massa C = 47,50 % dan O = 46,03 % dan sisanya adalah unsur makro dan mikro dinding sel batang yang diserap dari unsur hara tanah yaitu Mg, S, Si, Ca, Cl, Cu dan K



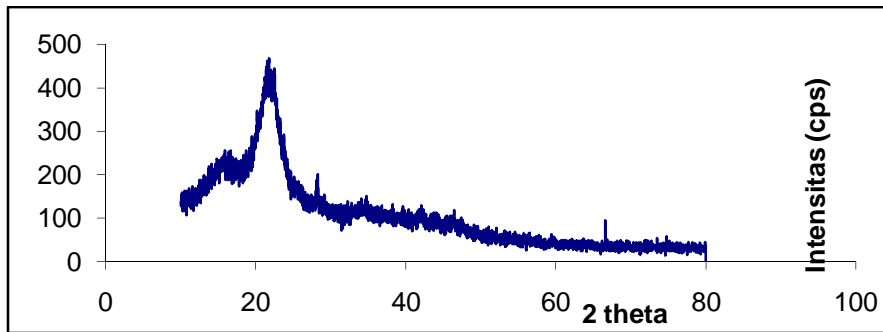
Gambar 5. SEM- EDS Selulosa kulit Rotan.

Karakterisasi struktur kristal dengan menggunakan XRD (Gambar 6), menunjukkan bahwa selulosa kulit rotan memiliki struktur kristal pada 3 (puncak) tertinggi di $2\theta = 15,9, 21,9$ dan $28,2$ dan beberapa puncak yang terlihat amorf. Jika dibandingkan dengan *fiber glass* derajat klistalinitas serat alam ini tergolong rendah, hal ini disebabkan kandungan kulit rotan akan holoselulosa (71,49%), lignin (24,41%), tanin (8,14%) dan pati (19,62%) serta ukuran serat alam yang tidak seragam dengan kekuatan yang sangat dipengaruhi oleh faktor usia (organik). Sementara itu serat sintesis dibuat dari bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu sehingga sifat dan ukurannya yang relatif seragam dan kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Dari perhitungan dengan Metode Scherer (Persamaan 1 dan 2) dihasilkan $ACS = 29130,42 \text{ \AA}$ dan $\eta = 0,94 \times 10^{-3}$ (Tabel 3).

Hasil uji densitas dengan menggunakan prinsip archimedes, dimana setiap benda (W) yang tercelup dalam fluida akan mengalami gaya keatas (F_{arc}) yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan (W') dengan persamaan :

$$W' = W - F_{arc} \quad [3]$$

Dihasilkan serat kulit rotan memiliki berat jenis 0,58 yang lebih rendah daripada *fiber glass* (2,44). Hal ini akan membawa dampak efisiensi energi pada aplikasi kompositnya.



Gambar 6. XRD Selulosa Kulit Rotan

Tabel 3. Data Reflection Bragg, ACS dan regangan mikro komposit PP + FG

Peak	2θ	FWHM (B)		B cos θ	sin θ	ACS (Å)	Strain (η)
		(2θ°)	(radian)				
Peak 1	15,908	0,478	0,00831	0,00083	0,99500	29130,42	0,94 x 10 ⁻³
Peak 2	21,973	0,947	0,01647	0,00014	0,99995		
Peak 3	28,263	0,362	0,00629	3,569E-05	0,99998		

KESIMPULAN

Pemisahan serat dalam kondisi optimal ($t_f = 10$ hari ; Σ spora = 3×10^8) menjamin sifat dan kandungan asli serat dapat dipertahankan. Ekstraksi selulosa kulit rotan dengan metoda fermentasi *aspergillus niger* dapat membentuk enzim yang dapat menghancurkan jaringan tanaman non selulosa dan dapat memisahkan bahan penyusun serat dari jaringan parenkim, xilem serta jaringan epidermis dengan hasil long dan short fiber pada rendemen mencapai optimum 60,8%. Hasil karakterisasi menggunakan XRD, SEM-EDS dan uji densitas menunjukkan bahwa selulosa kulit rotan memiliki struktur kristal pada sudut 0-30° dengan struktur mikro permukaan berpori, antara monomer satu dengan lainnya tidak terputus diselimuti lignin, komposisi fiber C = 47,5% O = 46,03%, dan berat jenis (0,58) yang cukup baik untuk menggantikan *fiber glass* sebagai filler pada biokomposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Achyuthan KE et al. 2010. Polyphenolic lignin's barrier to cost-effective lignocellulosic biofuels. *Molecules* 15:8641-8688.
- Jasni, Rachman O. 2006. Rotan, sumberdaya, sifat dan pengelolaannya. *J Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan* 26: 22-28.
- Lee KY, Jonny J, Blaker, Bismarck A, 2009. Surface functionalisation of bacterial cellulose as the route to produce green polylactide nanocomposites with improved properties. *J Composites Science and Technology* 69:2724–2733.
- Rachmaniah O, Pahlevi R, Mendila CD. 2011. Structure features changes of galah grass (*Saccharum spontaneum* Linn) by liquid hot water pretreatment. *J of Biobased Materials and Bioenergy* 5:1–9.
- Sisworo SJ. 2009. Pengaruh penggunaan serat kulit rotan sebagai penguat pada komposit polimer dengan matriks polyester yucalac 157 terhadap kekuatan tarik dan D tekuk. *J TEKNIK* 30: 3-10.
- Tellu AT. 2008. Sifat kimia jenis-jenis rotan yang diperdagangkan di propinsi sulawesi tengah. *Biodiversitas* 9:108-111.
- Taherzadeh, Karimi K, Keikhosro. 2008. Macrofibril and microfibril in the celuloce. *J Mol. Sci.* 9:1621-1630.
- Siqueira G, Bras J, Dufresne A. 2010. Cellulosic bionanocomposites: A review of preparation, properties and applications. *Polymers* 2:728-765.