

Aplikasi Fiber Selulosa dari Limbah Batang Ubi Kayu sebagai Film Komposit Berbasis Low Density Polyethylene (LDPE)

Lia Lismeri^{1,*}, Gracelia Irmalinda¹, Yuli Darni¹, Novita Herdiana²

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

²Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Jalan Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145

*Penulis korespondensi. Telp.: 085279186356

e-mail: lismeri@yahoo.co.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian sintesis selulosa dari tanaman ubi kayu dan diaplikasikan sebagai film komposit berbasis LDPE. Dalam penelitian ini dilakukan tiga tahapan, yaitu delignifikasi, ultrasonifikasi, dan sintesis komposit. Delignifikasi dilakukan untuk meningkatkan kandungan selulosa dan menurunkan kandungan hemiselulosa serta lignin yang terdapat pada tanaman ubi kayu dengan menggunakan larutan asam formiat dan hidrogen peroksida. Sintesis serat selulosa dilakukan dengan ultrasonifikasi dengan gelombang yang digunakan adalah 80Hz selama 90 menit pada suhu 70°C. Ukuran diameter serat selulosa yang diperoleh yaitu pada nilai rata-rata 228,8 nm. Serat selulosa dari batang ubi kayu diaplikasikan sebagai *filler* pada film komposit berbasis LDPE. Penambahan *filler* selulosa pada film komposit mengakibatkan peningkatan pada kuat tarik, modulus young, penyerapan air dan densitas, tetapi berbanding terbalik dengan % perpanjangan. Komposit dengan menggunakan *filler* selulosa berukuran terkecil menunjukkan matriks yang lebih homogen.

Kata kunci: selulosa, tanaman ubi kayu, LDPE, komposit.

Application of cellulose fiber from cassava stem waste as composite film based on Low Density Polyethylene (LDPE)

Lia Lismeri^{1,*}, Gracelia Irmalinda¹, Yuli Darni¹, Novita Herdiana²

¹ Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

² Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Jalan Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145

*Corresponding author. Telp.: 085279186356

e-mail: lismeri@yahoo.co.id

ABSTRACT

A cellulose synthesis study of cassava plant has been applied as LDPE-based composite film. In this research, there were three stages, namely delignification, ultrasonification, and composite synthesis. Delignification was performed to increase cellulose content and decrease hemicellulose and lignin content found in cassava plants using acid formiate and hydrogen peroxide solution. The synthesis of cellulosic fiber was done by ultrasonification with the wave used was 80Hz for 90 minutes at 70°C. The size of cellulose fiber diameter obtained was at an average value of 228.8 nm. The cellulose fibers rom the cassava stems were applied as fillers on LDPE-based composite films. The addition of cellulose filler to composite films results in an increase in tensile strength, young modulus, water absorption and density, but inversely proportional to% elongation. Composites using the smaller filler cellulose show a more homogeneous matrix.

Keywords selulose, cassava plant, LDPE, composites.

PENDAHULUAN

Selulosa merupakan serat polimer alami yang banyak ditemukan di tanaman. Pada saat ini bahan alam khususnya serat banyak digunakan dalam bentuk biokomposit sebagai peralatan biokomposit. Selulosa dari serat alam mampu memperbaiki sifat-sifat komposit pada komposit matrik termoset dan termoplastik untuk aplikasi struktur dan non struktur. Keunggulan serat alam dibandingkan serat sintesis dalam komposit adalah harga murah, densitas rendah, mudah dipisahkan, dan dapat diperbarui (Mu *et al.*, 2009). Selulosa secara luas digunakan dalam pengobatan dan farmasi, elektronik, membran, bahan berpori, kertas, biokompatibilitas, penguraian hayati, dan lain-lain (Rezanezhad *et al.*, 2013). Fakhruzy, *et al.* (2013) menyatakan selulosa bambu ampel diultrasonifikasi dengan gelombang berfrekuensi $f = 20$ kHz dengan waktu 2 jam didapatkan ukuran selulosa bambu ampel sebesar 480nm.

Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2014 menyatakan, Provinsi Lampung merupakan produsen singkong terbesar di Indonesia dengan jumlah produksi sebanyak 9.725.345 ton. Jika banyak ubi kayu yang dihasilkan, maka akan banyak juga limbah, salah satunya yaitu batang ubi kayu. Limbah batang ubi kayu memiliki komposisi yang terdiri dari kayu 83,83%, kulit 13,04%, dan gabus 3,13% (Lismeri *et al.*, 2016). Limbah ubi kayu merupakan biomassa yang dapat dijadikan salah satu sumber alternatif pembuatan selulosa.

Lismeri *et al.*, (2016) menyatakan bahwa batang ubi kayu memiliki kandungan selulosa 39,29%, hemiselulosa 24,34%, dan lignin 13,42%. Selulosa memiliki rumus kimia $(C_6H_{12}O_6)_n$ dengan n adalah derajat polimerisasi. Selulosa adalah polisakarida yang terdiri atas satuan glukosa yang berbentuk rantai linier dan dihubungkan oleh ikatan β -1,4-glikosidik. Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut sehingga selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Molekul glukosa disambung menjadi molekul besar, panjang, dan berbentuk rantai dalam susunan menjadi selulosa. Semakin panjang suatu rangkaian selulosa, maka rangkaian selulosa tersebut memiliki serat yang lebih kuat, lebih tahan terhadap pengaruh bahan kimia, cahaya, dan mikroorganisme (Putera, 2012).

Selulosa merupakan salah satu komponen utama tanaman yang terdapat pada lignoselulosa bersama dengan komponen lainnya seperti hemiselulosa, lignin, dan beberapa bahan ekstraktif lain. Sehingga untuk mendapatkan serat selulosa tersebut diperlukan berbagai perlakuan untuk memisahkannya dari komponen hemiselulosa dan lignin.

Limbah plastik merupakan penyumbang terbesar dalam permasalahan limbah di Indonesia. Sifat plastik yang *non-degradable* (tidak mudah terurai) memerlukan pengolahan yang berbeda

dibandingkan jenis sampah lain yang bersifat *biodegradable* (mudah terurai). Salah satu solusi dalam penanganan limbah sampah plastik adalah dengan proses daur ulang (Worrell, 2011). Salah satu proses daur ulang untuk merubah limbah plastik yang tidak termanfaatkan menjadi sesuatu yang bernilai dan berguna adalah dengan mengaplikasikan limbah dalam pembuatan komposit.

Komposit dapat didefinisikan sebagai campuran makroskopis dari serat dan matriks. Serat merupakan material yang umumnya jauh lebih kuat dari matriks dan berfungsi memberikan kekuatan tarik, sedangkan matriks berfungsi untuk melindungi serat dari efek lingkungan dan kerusakan akibat benturan. Komposit adalah material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik masing-masing material pembentuknya berbeda. (Schwartz, 1984). Iriani *et. al.*, (2015) melakukan pembuatan film komposit berbasis polivinil alkohol (PVA) dengan tambahan 40% nanoselulosa dari serat nanas menghasilkan film komposit dengan sifat mekanis yang terbaik.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah melakukan konversi selulosa batang ubi kayu menjadi selulosa fiber serta melakukan pembuatan film komposit berbasis LDPE. Karakterisasi selulosa fiber dari batang ubi kayu dengan pengujian PSA (*Particle size analyzer*), dan karakterisasi film nanokomposit berbasis LDPE dengan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*), FTIR (*Fourier Transform Infra Red Spectroscopy*) dan uji UTM (*Universal Testing Machine*).

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang di gunakan pada penelitian ini adalah batang ubi kayu yang berasal dari kebun singkong masyarakat sekitar Negeri Sakti, Gedong Tataan, Pesawaran, Lampung Selatan dan plastik kemasan LDPE. Larutan yang digunakan sebagai pelarut adalah aquadest, *xylene*, asam formiat (90%) dan hidrogen peroksida (50%).

Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *hotplate*, *stirrer*, penggilingan (*hammer mill*), ayakan 1,18mm dan 2,36mm, toples penyimpanan, pH meter, oven, corong, kertas saring, gelas ukur, pipet tetes, termometer, spatula besi, gelas beker, gelas ukur, alat ultrasonifikasi, stopwatch, refluks, SEM-Zeiss, FTIR dan PSA.

Metode Penelitian

Pembuatan selulosa dari limbah batang ubi kayu

a. Preparasi Sampel Bahan Baku

Limbah batang ubi kayu dicuci, dikupas, dicacah, dipisahkan dari gabus dan kulit kayunya terlebih dahulu sebelum dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah kering serat kayu digiling menjadi serbuk batang ubi kayu kemudian diayak dengan menggunakan ayakan yang berukuran 1,18mm dan 2,36mm. Serbuk hasil ayakan tersebut disimpan dalam toples penyimpanan. Sedangkan untuk larutan-larutan yang digunakan pada penelitian ini disimpan pada botol atau drigen tertutup rapat agar tidak menguap dan tumpah.

b. Proses Delignifikasi

Tahap selanjutnya yaitu delignifikasi menggunakan larutan asam formiat dengan konsentrasi 80%-berat dan hidrogen peroksida dengan konsentrasi 5%-berat sebagai katalisator, dan waktu reaksi 120 menit pada suhu 100°C. Kemudian selulosa yang didapatkan dipisahkan dari pelarut asam dan dicuci dengan aquades hingga netral. Setelah pencucian, selulosa basah selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 180 menit (Mariana *et al.*, 2010).

Pembuatan Selulosa Fiber

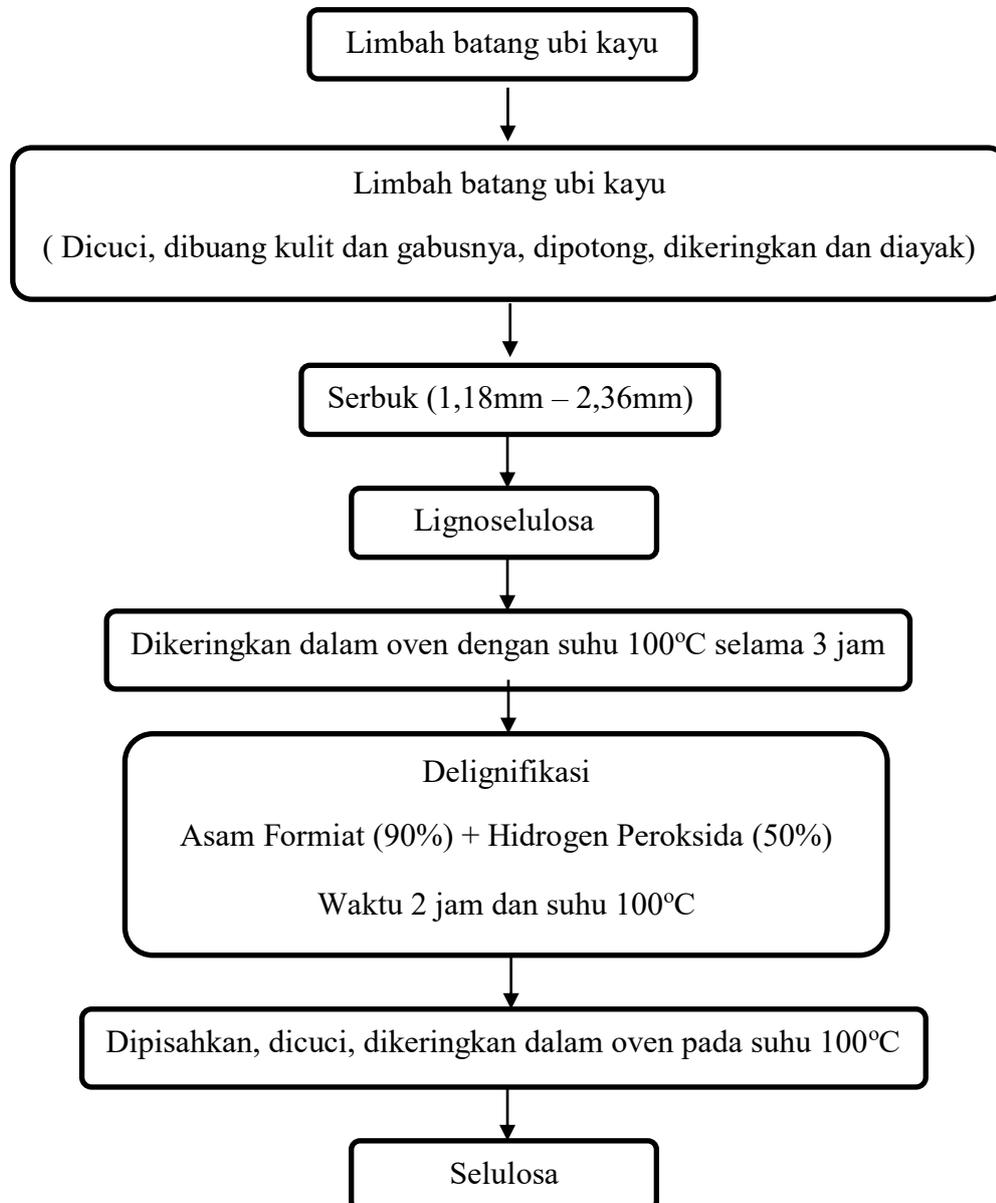
Proses pembentukan nanoselulosa dengan menggunakan alat ultrasonikasi. Selulosa ditimbang sebanyak 5g sebagai massa awal, dicampurkan dalam aquades 300 ml. Sampel diultrasonikasi dengan menggunakan gelombang 80Hz selama 90 menit pada suhu 70°C (Fakhruzy, *et al.*, 2013).

Proses pembuatan film komposit berbasis LDPE

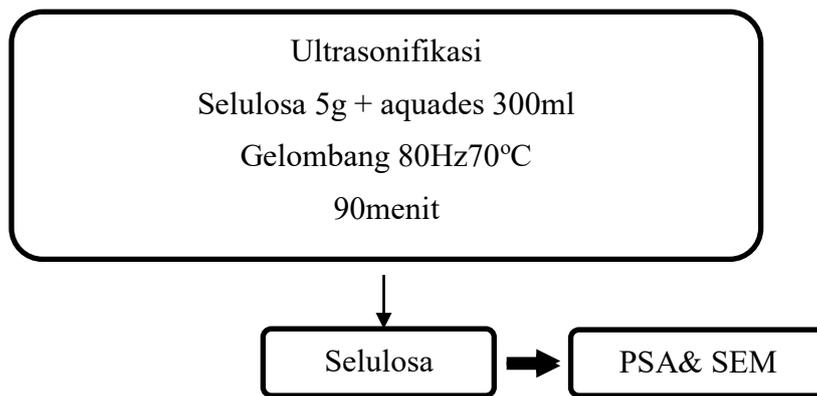
Plastik berbasis LDPE 9g dilarutkan dalam *xylene* sebanyak 100 ml kemudian ditambahkan 1g nanoselulosa batang ubi kayu. Setelah itu campuran dipanaskan pada suhu 100 °C selama 2 jam. Campuran yang telah didapatkan dicetak didalam cawan petri yang selanjutnya di oven selama 15 menit dengan suhu 200°C (Iriani, *et al.*, 2015).

Diagram Alir Prosedur Kerja

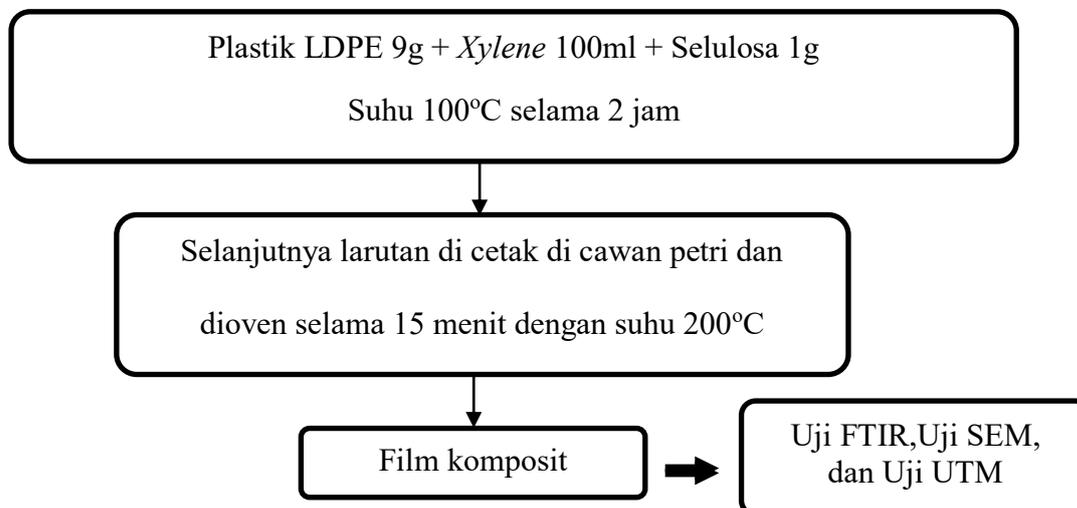
Tahapan pengerjaan penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 1. Tahapan Isolasi Selulosa (Mariana, *et.al.*, 2010)



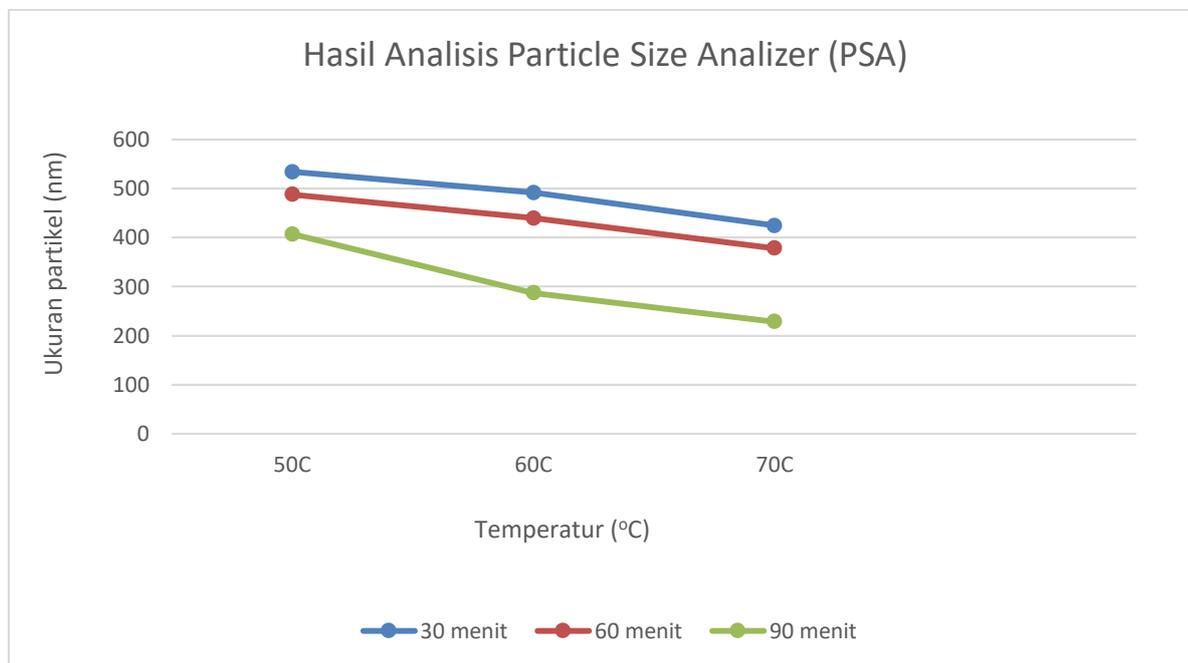
Gambar 2. Tahapan Pembuatan Selulosa Nanofiber (Fakhruzy, *et.al.*, 2013)



Gambar 3. Tahapan Pembuatan Film Komposit Berbasis LDPE (Iriani, *et. al.*, 2015)

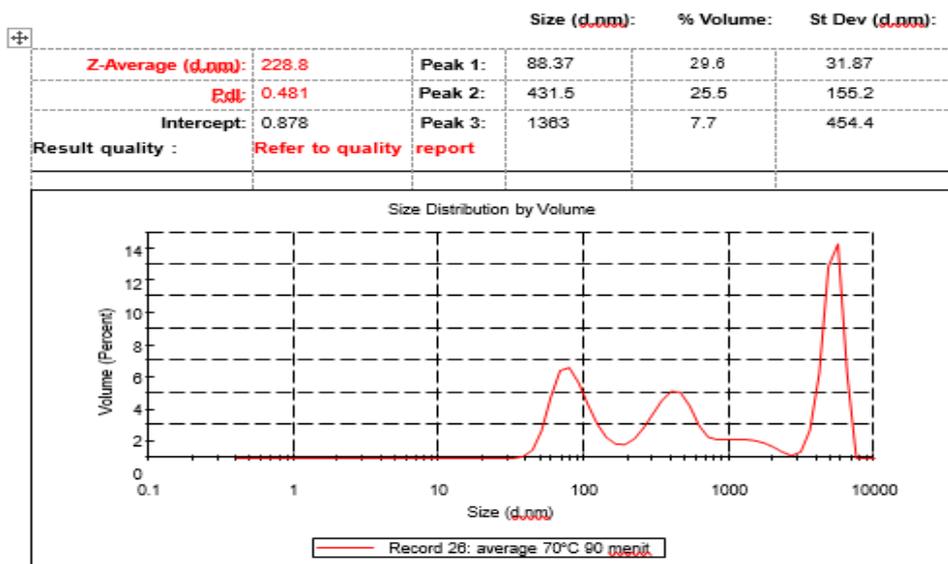
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari ultrasonifikasi selanjutnya di analisis menggunakan uji *Particle Size Analyzer* (PSA) yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Analisis *Particle Size Analyzer* (PSA)

PSA merupakan metode yang dapat menganalisis partikel suatu sampel yang bertujuan menentukan ukuran partikel dan distribusinya. Pada awal proses ultrasonifikasi, rantai selulosa hanya mengalami peregangan ikatan dan medium belum terpisah dengan baik (Ruan & Jacobi, 2012). Semakin lama waktu ultrasonifikasi, pemutusan rantai dan dispersi material menjadi semakin sempurna dengan terbentuknya ukuran partikel yang semakin kecil hal ini dapat dibuktikan pada Gambar 5. Pada suhu 70°C dengan lama proses ultrasonifikasi 90 menit menghasilkan ukuran partikel terkecil dengan rata rata ukuran yaitu 228,8nm. Distribusi ukuran pada suhu 70°C selama 90 menit dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Distribusi ukuran berdasarkan volume

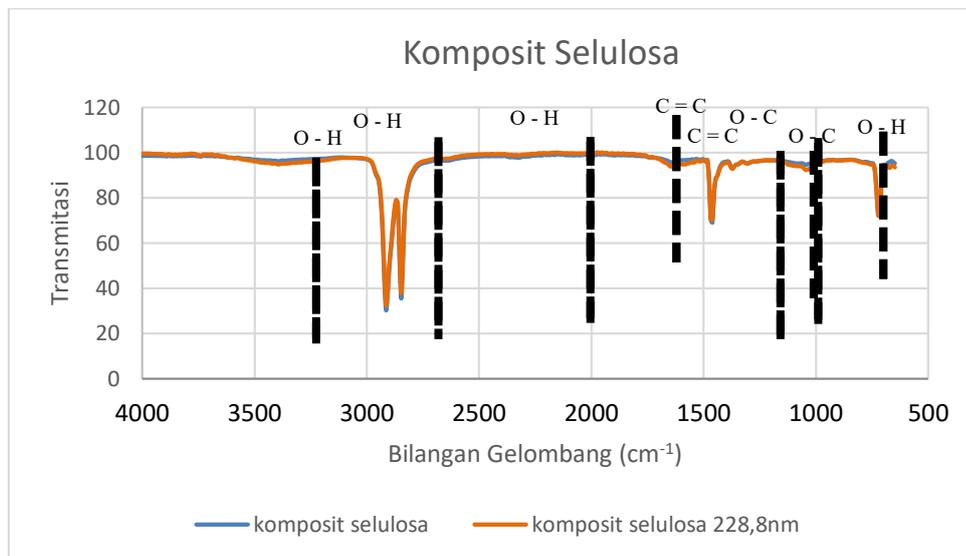
Pada penelitian ini ukuran selulosa tidak homogen dan masih memiliki ukuran selulosa yang besar seperti pada Gambar 5., distribusi ukuran homogen terlihat pada ke tiga peak. Dimana peak 1 menunjukkan ukuran selulosa mencapai 88,37 nm dengan banyaknya volume sebesar 29,6% sedangkan pada peak 3 menunjukkan ukuran 1363 nm atau 1,363 μm sebanyak 7,7%. Ini membuktikan bahwa ukuran partikel tidak homogen tetapi, dari hasil uji menunjukkan selulosa berukuran kecil lebih banyak dibandingkan yang berukuran >1000nm yang menyebabkan nilai rata rata pada sampel ini memiliki rata rata ukuran sebesar 228,8 nm.

Hasil sintesis film komposit berbasis LDPE dengan filler selulos dari limbah batang ubi kayu dapat dilihat pada Gambar 6. (A) dan (B).



Gambar 6. Film komposit berbasis LDPE
(A) Filler selulosa 228,8nm (<1000nm) , (B) Filler selulosa 1,232 μm (>1000nm)

Film komposit kemudian di analisis FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang ada pada sampel.



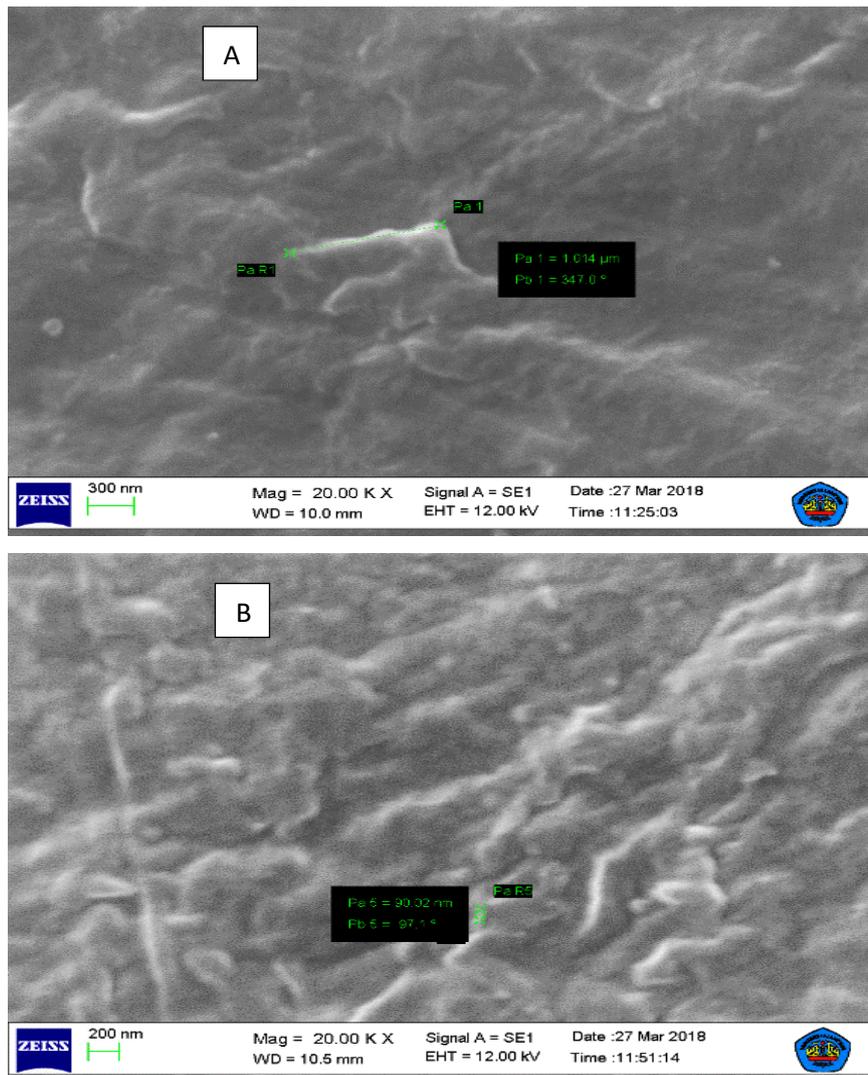
Gambar 7. Spektrum FTIR komposit selulosa 1,232 μ m dan 228,8nm

Tabel 1. Analisis Fungsi Gugus FTIR komposit mikro dan nano

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Gugus fungsi	Intensitas	Range
Komposit selulosa 1,232 μ m	Komposit selulosa 228.8nm			
3399,3	3399,3	O-H Alcohol	Strong	3200 – 3550
2914,8	2914,8	O-H Carboxylic Acid	Strong	2500 – 3300
2325,9		O-H Fenol	Strong	2000-2400
1647,5	1647,5	C=C Alkynyl	Strong	2100 – 2250
1461,1	1468,6	C=C Aromatic	Strong	1350 – 1540
1304,6		O-C Carboxylic Acid	Strong	1210 – 1320
1021,3	1021,3	O – C Esters	Strong	1000 – 1300
723,1	715,6	O-H Alcohol	Weak	650 – 770

Dapat dilihat dari Tabel 1. bahwa gugus fungsi yang terdapat pada hasil analisis sampel komposit merupakan gabungan dari gugus fungsi spesifik yang terdapat pada komponen penyusunnya (LDPE dan selulosa). Berdasarkan hasil analisa FTIR pada Gambar 7. gugus fungsi yang teramati menunjukkan bahwa komposit yang dihasilkan dengan adanya penambahan filler selulosa dari batang ubi kayu masih merupakan proses *blending* secara fisik karena tidak ditemukannya gugus fungsi baru, dan disini hanya terjadi pergeseran bilangan gelombang.

Pengamatan dengan menggunakan alat SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari pencampuran LDPE dengan filler berupa serat selulosa.



Gambar 8. Pengamatan SEM - komposit LDPE dengan filler selulosa
(A) Serat selulosa 1,232 μm, (B) serat selulosa 228,8 nm

Pada Gambar 8. terlihat perbedaan sampel antara komposit dengan filler 1,232 μm dan 228,8 nm. Pada gambar (A) terlihat bahwa persebaran filler selulosa tidak homogen, hal ini kemungkinan karena selulosa yang digunakan masih berukuran cukup besar dan tidak terdispersi secara homogen di dalam larutan LDPE sehingga matriks komposit terlihat tidak beraturan. Gambar (B) tampak bahwa serat selulosa cenderung lebih rapat dari pada gambar (A), hal ini menandakan bahwa persebaran selulosa lebih merata dan selulosa terdispersi secara homogen di dalam larutan LDPE.

Penggunaan filler pada pembuatan film komposit ini berfungsi sebagai pengisi film komposit agar lebih kuat dan kokoh yang akan berpengaruh pada sifat mekanik dari film komposit, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Sifat mekanik dan fisik antara film komposit selulosa batang ubi kayu dan LDPE komersil.

	LDPE Komersil	Komposit Selulosa
Kuat tarik (Mpa)	0,98	1,63
Perpanjangan (%)	20,63	1,47
Modulus Young (Mpa)	4,75	111,36
Penyerapan air (%)	5,405	5,917
Densitas (g/ml)	0,444	0,676

Dari Tabel 2. diatas dapat dilihat bahwa kekuatan tarik dari komposit selulosa mengalami kenaikan sebesar 60%. Hal ini terjadi karena homogenitas yang baik pada kedua bahan tersebut (LDPE dan selulosa) sehingga penyebaran selulosa lebih merata diatas permukaan bahan plastik. Peningkatan kuat tarik ini diharapkan dapat memperbaiki karekteristik komposit sehingga dapat digunakan pada aplikasi yang membutuhkan kuat mekanik yang lebih baik.

Pengukuran kuat tarik pada umumnya diikuti dengan pengukuran % perpanjangan (elongasi), yaitu perubahan panjang maksimum yang dialami suatu bahan pada saat ditarik sampai putus. % perpanjangan menentukan elastisitas suatu bahan. Semakin tinggi nilai % perpanjangan , maka bahan tersebut semakin elastis sehingga bahan tersebut dapat ditarik lebih mulur (Billmeyer, 1984). Pada penelitian ini menunjukkan terjadinya peningkatan pada kekuatan tarik dengan ditambahkannya nanoselulosa pada film komposit, tetapi berbanding terbalik dengan % perpanjangan. Penurunan % perpanjangan diduga karena adanya interaksi kuat antara campuran bahan komposit yaitu LDPE dan selulosa. Ikatan antara molekul LDPE dan selulosa semakin rapat dan kompak sehingga menyebabkan komposit menjadi kuat sehingga film komposit semakin sulit untuk meregang atau memanjang hal ini tentunya akan memperkecil % perpanjangan film (Iriani *et al*, 2013). Selain itu perbedaan sifat yang dimiliki kedua bahan, dimana LDPE memiliki sifat hidrofobik dan selulosa bersifat hidrofilik dan tidak adanya *coupling agent* yang dapat menyatukan kedua bahan baku yang mengakibatkan % perpanjangan menjadi menurun.

Dimana penambahan *filler* menyebabkan komposit memiliki ikatan antar molekul yang kuat sehingga membuat persen perpanjangan menjadi rendah dengan kuat tarik yang besar. Hal ini menyebabkan *modulus young* pun semakin besar, karena nilai *modulus young* sebanding dengan nilai kuat tarik. Bila dibandingkan dengan nilai penyerapan air plastik LDPE, penyerapan air komposit tersebut masih tergolong tinggi, hal ini disebabkan karena adanya gugus hidroksida (OH⁻) pada selulosa yang mempengaruhi komposit ini bersifat hidrofilik (John & Thomas, 2008).

Pengaruh formulasi LDPE dan filler nanoselulosa terhadap densitas dapat dilihat pada tabel 2. Dimana, semakin tinggi densitas maka semakin tinggi kerapatannya yang menyebabkan semakin baik sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Kondisi optimum pembuatan selulosa menggunakan ultrasonifikasi dengan 80Hz selama 90 menit pada suhu 70°C menghasilkan diameter serat selulosa berukuran rata-rata 228nm. Film komposit yang dihasilkan menunjukkan tidak ditemukannya gugus fungsi baru, dan disini hanya terjadi pergeseran bilangan gelombang. Komposit dengan menggunakan filler selulosa <1000nm menunjukkan matriks yang lebih homogen dibandingkan dengan menggunakan filler >1000nm. Dengan penambahan *filler* selulosa pada film komposit LDPE mengakibatkan peningkatan pada kekuatan tarik, modulus Young, penyerapan air dan densitas, tetapi berbanding terbalik dengan % perpanjangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Lampung atas bantuan dana BLU-Penelitian unggulan 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. (2014). *Perkembangan Indikator Makro Ekonomi Sosial Ekonomi Provinsi Lampung Triwulan IV 2014*. Bandar Lampung.
- Billmeyer, Fred. W. (1984). *Textbook of Polymer Science* (3rd Edition). United States: Wiley-Interscience Publication.
- Iriani, E.S., Wahyuningsih, K., Sunarti, T. C., & Permana, A.W. (2015). Sintesis Nanoselulosa Dari Serat Nanas dan Aplikasinya Sebagai Nanofiller Pada Film Berbasis Polivinil Alkohol. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 12(1). 11-19.
- Fakhrzy, Naresworo, Febrianto, F., & Nikmatin. S., (2013). Optimasi Teknologi Produksi Nanofiber Selulosa Bambu Ampel. *Jurnal Biofisika* 9 (1): 16-21.
- Mariana, F.L., Zulfansyah, M., & Fermi, M.I. (2010). Delignifikasi Tandan Kosong Sawit Dalam Media Asam Formiat. Dalam *Seminar Nasional Sains dan Teknologi III*. Bandar Lampung, Indonesia.
- Lismeri, L., Zari, P. M., Novarani, T., & Darni, Y. (2016). Sintesis Selulosa Asetat dari Limbah Batang Ubi Kayu. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 2(11). 82-91. <http://dx.doi.org/10.23955/rkl.v1i12.5407>

- John, M.J. & Thomas, S. (2008). Biofibers and biocomposites. *Carbohydrate Polymers*, 71(3). 343-364. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.05.040>
- Mu, Q., Wei, C., & Feng, S. (2009). Studies On Mechanical Properties of Sisal Fiber / Phenol Formaldehyde Resin In-Situ Composite. *Polymer Composites*. 30 (2). 131-137.
- Putera, Rizky D. H. (2012). *Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (Eichornia crassipes) dengan Variasi Pelarut*. (Skripsi). Universitas Indonesia. Indonesia.
- Rezanezhad, S., Nazanezhad, N., & Asadpur, G. (2013). Isolation of Nanocellulose from Rice Waste via Ultrasonication. *Lignocellulose Journal*, 2(1), 282–291.
- Ruan B., & Jacobi A.M. (2012). Ultrasonication effects on thermal and rheological properties of carbon nanotube suspension. *Nanoscale Research Letters*, 7(1), 127-140. <http://dx.doi.org/10.1186/1556-276X-7-127>
- Schwartz, M.M. (1984). *Composite Material Handbook*. New York: Mc Graw-Hill Inc.
- Worrell, W.A. & Vesilind, P.A. (2011). *Solid Waste Engineering* (Second edition). Stamford, USA: Cengage Learning.