

## Pengaruh Komposisi Kitosan Terhadap Sifat Fisis Dan Biodegradasi *Film* Komposit Nanoserat Pinang Dengan *Castor Oil* Sebagai Pemplastis

Ayuzia Puspa Indah, Alimin Mahyudin\*

Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 23 Juli 2022  
Direvisi: 11 Agustus 2022  
Diterima: 30 Agustus 2022

#### Kata kunci:

*castor oil*  
kitosan  
nanoserat pinang  
plastik *biodegradable*  
sifat fisis  
sifat mekanik

#### Keywords:

*areca nut nanofibers*  
*biodegradable plastic*  
*castor oil*  
*chitosan*  
*mechanical properties*  
*physical properties*

#### Penulis Korespondensi:

Alimin Mahyudin  
Email: [aliminmahyudin@fmipa.unand.ac.id](mailto:aliminmahyudin@fmipa.unand.ac.id)

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh komposisi kitosan terhadap sifat fisis dan *biodegradable* film komposit nanoserat pinang dengan *castor oil* sebagai *plasticizer*. Pembuatan sampel dilakukan menggunakan metode *solution casting*. Variasi kitosan yang digunakan yaitu 0 g, 0,56 g, 0,7 g, 0,84 g, 1,4 g dan satu sampel menggunakan pati dengan variasi kitosan 0,84 g. Pengujian sifat mekanik meliputi uji kuat tarik, regangan, elastisitas, dan biodegradasi. Pengujian sifat fisik sampel yang dilakukan yaitu uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan uji *Field Emission Scanning Electron Microscope* (FESEM). Sampel dikarakterisasi menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui ukuran nanoserat, FESEM untuk mengetahui morfologi sampel dan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi. Hasil PSA menunjukkan nanoserat memiliki diameter (79-187) nm. Hasil karakterisasi FESEM diperoleh bentuk permukaan plastik *biodegradable* yang tidak merata. Hasil FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi C=O dan C-O merupakan gugus fungsi hidrofilik yang menunjukkan plastik *biodegradable* mampu terdegradasi. Hasil kuat tarik terbaik pada variasi kitosan 0,84 g tanpa pati dengan nilai 20,04 MPa, regangan terbaik pada variasi kitosan 0,7 g dengan nilai 138,56%, elastisitas terbaik dengan nilai 198,66 MPa pada variasi kitosan 0,84 g dengan penambahan pati. Seluruh nilai kuat tarik, dan regangan pada variasi (0-0,7) g dari plastik *biodegradable* yang telah dihasilkan sudah memenuhi JIS 2-1702. Semakin tinggi variasi kitosan maka ketebalan, dan biodegradasi dari plastik *biodegradable* semakin meningkat.

*Research has been carried out on the effect of chitosan composition on the physical and biodegradable properties of areca nut nanofiber composite films with castor oil as a plasticizer. Samples were made using the solution casting method. The variations of chitosan used were 0 g, 0.56 g, 0.7 g, 0.84 g, 1.4 g and one sample used starch with a variation of 0.84 g chitosan. Testing of mechanical properties includes tests of tensile strength, strain, elasticity, and biodegradation. The physical properties of the samples tested were the Fourier Transform Infrared (FTIR) test and the Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM) test. The samples were characterized using a Particle Size Analyzer (PSA) to determine the size of the nanofibers, FESEM to determine the sample morphology and FTIR to determine the functional groups. The PSA results showed that the nanofibers had a diameter of (79-187) nm. FESEM characterization results obtained an uneven surface shape of biodegradable plastic. The FTIR results indicate the presence of a C=O functional group and C-O is a hydrophilic functional group which indicates that biodegradable plastic is capable of being degraded. The best tensile strength results in the chitosan variation of 0.84 g without starch with a value of 20.04 MPa, the best strain in the 0.7 g chitosan variation with a value of 138.56%, the best elasticity with a value of 198.66 MPa in the chitosan variation 0.84 g with the addition of starch. All values of tensile strength, and elongation at variation (0-0.7) g of biodegradable plastics that have been produced have complied with JIS 2-1702. The higher the variation of chitosan, the thickness, and biodegradation of biodegradable plastics will increase.*

Copyright © 2022 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Pada masa modern ini manusia tidak dapat lepas dari penggunaan plastik sintetik yang berasal dari polimer sintetik. Penggunaan plastik sintetik ini sangat berpengaruh sekali terhadap pencemaran lingkungan. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2018, kota-kota di dunia menghasilkan sampah mencapai 1,3 miliar ton setiap tahunnya. Penggunaan plastik yang berlebih ini menempatkan Indonesia pada peringkat kedua di dunia penghasil sampah plastik ke laut. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah penumpukan sampah tersebut yaitu dengan menggunakan plastik yang dapat terurai yang disebut plastik *biodegradable*.

Dalam proses pembuatan plastik *biodegradable*, perlu ditambahkan kitosan. Kitosan merupakan polimer kationik alami bersifat nontoksik, mudah terdegradasi, dan biokompatibel. Penambahan kitosan akan meningkatkan kekuatan plastik *biodegradable* dan tidak mudah robek. Serta untuk meningkatkan kualitas plastik *biodegradable* perlu ditambahkan bahan aditif seperti *castor oil* sebagai *plasticizer*. Penambahan *plasticizer* dilakukan untuk meningkatkan elastisitas, mengurangi kekakuan sekaligus meningkatkan fleksibilitas plastik *biodegradable*. Penelitian tentang pembuatan plastik *biodegradable* dengan penambahan kitosan dan *castor oil* diantaranya penelitian mengenai pembuatan plastik *biodegradable* dari kitosan, pati bonggol pisang (*Musa paradisiaca, L*), dan *castor oil* diperoleh kuat tarik sebesar 9,857-15,987 MPa, regangan 14,655-30,119%, modulus young 12,278-13,982 MPa, dan biodegradasi terjadi pada hari ke-10 (Zuhra, 2017).

Pembuatan plastik dari bahan kitosan dan *castor oil* dapat meningkatkan biodegradasi plastik, tetapi cenderung menghasilkan sifat mekanik yang lemah. Dibutuhkan tambahan untuk meningkatkan sifat mekanik plastik *biodegradable*. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai *filler* pada plastik *biodegradable* adalah serat pinang karena memiliki sifat mekanik yang tinggi dan ramah lingkungan. Kulit buah pinang mengandung 34,18% selulosa, 20,83% hemiselulosa, dan 31,6% lignin (Chandra, 2016). Kandungan selulosa yang cukup tinggi tersebut belum dimanfaatkan sepenuhnya, padahal kandungan serat dan selulosa yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal antara lain sebagai bahan plastik. (Binoj, 2016) telah meneliti sifat mekanik dari serat pinang dengan kekuatan tarik sebesar 147- 332 Mpa, modulus elastis 1,124- 3,155 GPa, dan regangan 10,23 -13,15 %. Pembuatan plastik *biodegradable* dengan penambahan serat pinang diantaranya penelitian tentang pemanfaatan selulosa dari limbah kulit buah pinang sebagai *filler* pada pembuatan bioplastik. Hasil terbaik penelitian diperoleh kuat tarik yang diperoleh berkisar 8,58-17,7 MPa, regangan berkisar antara 1,60-13,88%, ketahanan terhadap air berkisar antara 125,73% - 170,58% (Tamiogy, 2019).

Pada penelitian ini telah dibuat plastik *biodegradable* menggunakan nanoserat kulit buah pinang, kitosan dengan penambahan *plasticizer castor oil*. Dalam setiap sampelnya telah divariasikan massa kitosan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *solution casting*. Karakterisasi yang dilakukan yaitu karakterisasi *Particle Size Analyzer* (PSA), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), dan *Field Emission Scanning Electron Microscope* (FESEM). Pengujian yang telah dilakukan yaitu uji uji kuat tarik, uji regangan, dan uji elastisitas.

## II. METODE

### 2.1 Isolasi selulosa serat pinang

Serat pinang dipisahkan dari kulitnya kemudian dipotong dengan ukuran (1-2) cm. selanjutnya serat direndam menggunakan larutan NaOH 5% selama 2 jam. Kemudian 10 g serat dimasukkan ke timbal soxhlet lalu ditambahkan N-Heksana dan etanol (1:1). Proses ekstraksi pada suhu 85°C selama 6 jam. Sebanyak 3 g serat dimasukkan ke gelas kimia lalu ditambahkan 6 mL NaClO<sub>2</sub> 25% dan CH<sub>3</sub>COOH 1,5 mL untuk proses bleaching kemudian dipanaskan pada waterbath pada suhu 95°C selama 1 jam. Setelah 1 jam ditambahkan kembali 6 mL NaClO<sub>2</sub> 25% dan CH<sub>3</sub>COOH 1,5 mL setiap satu jam sekali dengan total 4 jam. Serat hasil bleaching dinetralkan menggunakan aquades. Selanjutnya dihidrolisis asam menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2%. Setelah hidrolisis asam diperoleh selulosa kemudian disonikasi menggunakan ultrasonic cleaner pada suhu 75°C selama 5 jam. Kemudian dihomogenkan selama 30 menit.

## 2.2 Pembuatan Sampel Film Plastik

Sebanyak 1,5 g PVA dilarutkan dalam 15 mL aquades kemudian dipanaskan di *hot plate magnetic stirrer* dengan suhu 85°C selama 30 menit. Kemudian semua komponen plastik *biodegradable* yaitu, PVA, kitosan, nanoserat, dan *castor oil* dicampurkan ke dalam gelas kimia 200 mL. proses pengadukkan menggunakan *magnetic stirrer* dan dipanaskan pada suhu 85°C dengan kecepatan putaran 400 rpm selama 30 menit. Kemudian dituangkan pada cetakan kaca didinginkan pada suhu kamar selama 30 menit. Kemudian dikeringkan pada oven dengan suhu 55°C selama 4 jam.

## 2.3 Pengujian dan Pengambilan Data

### 2.3.1 Kuat Tarik

Uji Kuat tarik merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai film plastik sebelum putus yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Pengukuran uji tarik dapat ditentukan dengan Persamaan 1:

$$\alpha = \frac{F}{A} \quad (1)$$

dengan  $\alpha$  adalah kuat tarik (N/mm<sup>2</sup>)  $F$  adalah gaya tarik tegak lurus terhadap permukaan (N)  $A$  adalah luas bidang film plastik yang ditarik (mm<sup>2</sup>)

### 2.3.2 Regangan

Regangan merupakan perubahan pada ukuran benda karena gaya dalam kesetimbangan dibandingkan dengan ukuran semula. Secara matematis regangan dapat ditentukan menggunakan Persamaan 2:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (2)$$

dengan  $\varepsilon$  adalah regangan,  $\Delta l$  adalah perubahan panjang dan  $l$  adalah panjang awal.

### 2.3.3 Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas merupakan kemampuan suatu bahan untuk kembali ke bentuk awal setelah gaya yang diberikan pada benda dihentikan. Secara matematis elastisitas dapat ditentukan menggunakan Persamaan 3:

$$E = \frac{\alpha}{\varepsilon} \quad (3)$$

dengan  $E$  adalah elastisitas,  $\alpha$  adalah kuat tarik (N/mm<sup>2</sup>), dan  $\varepsilon$  adalah regangan.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Hasil Karakterisasi *Particle Size Analyzer* (PSA)

Karakterisasi PSA dilakukan terhadap nano serat pinang dengan tujuan untuk mengetahui ukuran partikel nano serat pinang. PSA yang digunakan yaitu tipe *Shimadzu SALD-2300 (WingSALD II:Version 3.4.4) High Concentration Cell*. Pengukuran dilakukan menggunakan metode basah dengan cara nano serat didispersikan ke dalam media cair sehingga nano serat tidak teraglomerasi dan terukur sebagai partikel tunggal. Hasil pengukuran partikel dengan menggunakan PSA dapat dilihat pada Tabel 1.

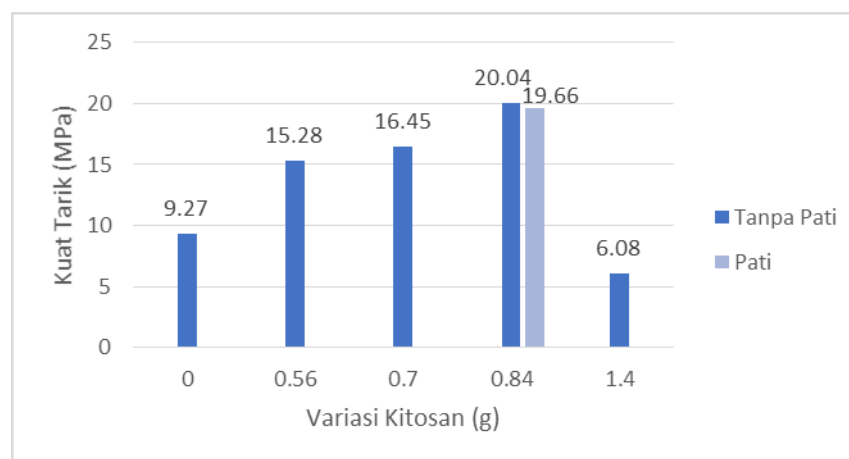
Tabel 1 Distribusi Partikel Serat Pinang

No	Diameter kumulatif(%)	
	Kumulatif (%)	Diameter (nm)
1	25	187
2	50	110
3	75	79

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa distribusi partikel nanoserat pinang dengan populasi 75% memiliki ukuran partikel 79 nm. Hasil yang diperoleh sesuai dengan teori bahwa suatu bahan dikatakan sebagai nanopartikel jika memiliki ukuran (1-100) nm (Nuryadin, 2020). Ukuran partikel suatu bahan akan mempengaruhi sifat mekanik dari bahan tersebut. Semakin kecil ukuran partikel nanoserat maka akan menghasilkan luas permukaan yang lebih besar dan semakin mudah terdispersi pada film plastik sehingga menghasilkan film plastik dengan sifat mekanik yang lebih baik.

### 3.2 Hasil Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik merupakan salah satu uji sifat mekanik yang dilakukan menggunakan alat *Com Ten Testing Machine* dengan ukuran sampel sesuai dengan standar ASTM D638-14 TYPE 5 dengan ukuran 70×20 mm. Pengujian kuat tarik bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan nanoserat terhadap kekuatan tarik dari film plastik. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh data seperti Gambar 1.

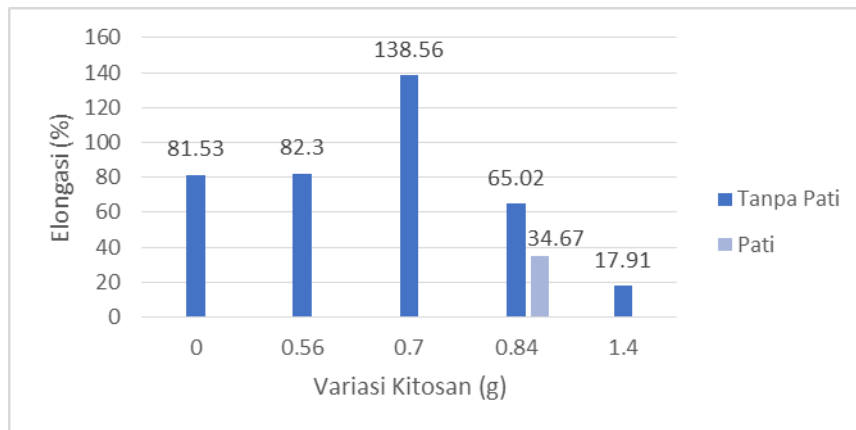


Gambar 1 Hasil Pengukuran Kuat Tarik

Nilai kuat tarik suatu plastik *biodegradable* sangat berpengaruh pada komposisi kitosan. Semakin bertambah berat kitosan kuat tarik yang dihasilkan akan mengalami penurunan, hal ini dapat dilihat pada hasil kuat tarik terus meningkat hingga variasi 0,84 g, hal tersebut menjelaskan bahwa penambahan kitosan yang sesuai dapat meningkatkan ikatan hidrogen dalam plastik *biodegradable* sehingga menjadi lebih kuat dan tidak mudah putus (Rahayu, 2012). Namun pada variasi 1,4 g terjadi penurunan nilai kuat tarik, penurunan nilai kuat tarik disebabkan oleh distribusi yang tidak sempurna dari masing-masing komponen. Kitosan tidak menyisip secara maksimal kedalam molekul nanoserat sehingga ikatan hidrogen dalam ikatan intermolekul tidak terbentuk secara sempurna. Sehingga nilai kuat tarik mengalami penurunan yang seharusnya mengalami peningkatan. Nilai kuat tarik yang dihasilkan yaitu (6,08-20,04) MPa. Hasil yang diperoleh sudah memenuhi standar JIS yaitu 3,92 MPa. Pada penelitian ini hasil yang diperoleh lebih tinggi daripada penelitian sebelumnya (Zuhra, 2017) yang menggunakan pati bonggol pisang, kitosan, dan *castor oil* diperoleh nilai kuat tarik (9,85-15,98) MPa.

### 3.3 Hasil Regangan

Pengujian regangan dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan kitosan terhadap kemampuan plastik *biodegradable* nanoserat pinang dalam menahan gaya yang diberikan sebelum putus. Nilai regangan diperoleh dengan membandingkan panjang plastik *biodegradable* setelah putus dengan panjang plastik *biodegradable* sebelum putus. Berdasarkan hasil pengukuran regangan diperoleh data seperti Gambar 2.



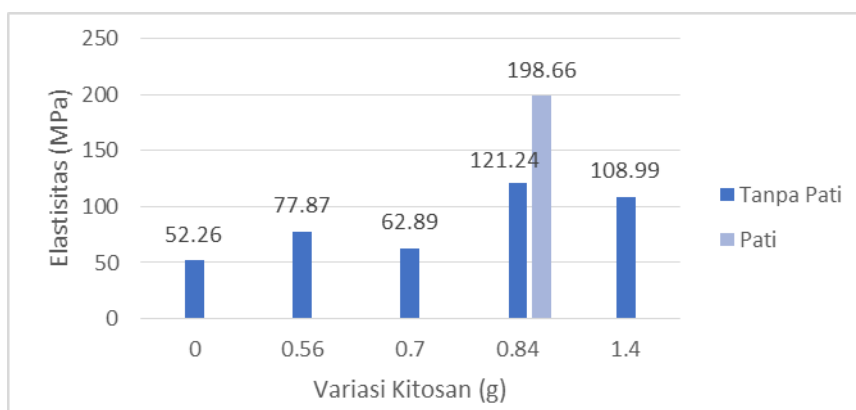
**Gambar 2** Hasil Pengukuran Regangan

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai regangan terbaik terdapat pada sampel dengan penambahan kitosan 0,7 g yaitu sebesar 138,56%. Sedangkan nilai regangan terendah terdapat pada sampel dengan penambahan kitosan 1,4 g yakni sebesar 17,91%. Hal tersebut menyatakan bahwa penambahan kitosan yang kecil dapat memperbaiki nilai regangan. Namun pada penambahan kitosan lebih besar dari 0,7 g membuat nilai regangannya mulai menurun. Hal ini disebabkan karena semakin rapatnya plastik *biodegradable* atau paduan sehingga elastisitasnya menurun.

Berdasarkan Gambar 2 nilai regangan yang diperoleh yaitu (17,91-138,56)%. Nilai regangan plastik *biodegradable* yang telah memenuhi standar JIS regangan yaitu minimum 70% adalah pada variasi (0-0,7) g. Hasil penelitian ini lebih tinggi dari pada penelitian (Tamiogy, 2019) nilai regangan yang diperoleh 1,60-13,88%, dan penelitian oleh (Hasan, 2017) regangan nya yaitu (7,28-13,45) %.

### 3.4 Hasil Modulus Elastisitas

Pengukuran modulus elastisitas bertujuan untuk mengetahui kemampuan plastik *biodegradable* untuk kembali ke bentuk awal setelah gaya yang diberikan berhenti. Elastisitas dapat ditentukan dengan cara membandingkan kuat tarik dengan persen pemanjangan. Berdasarkan hasil perhitungan maka diperoleh data seperti pada Gambar 3.

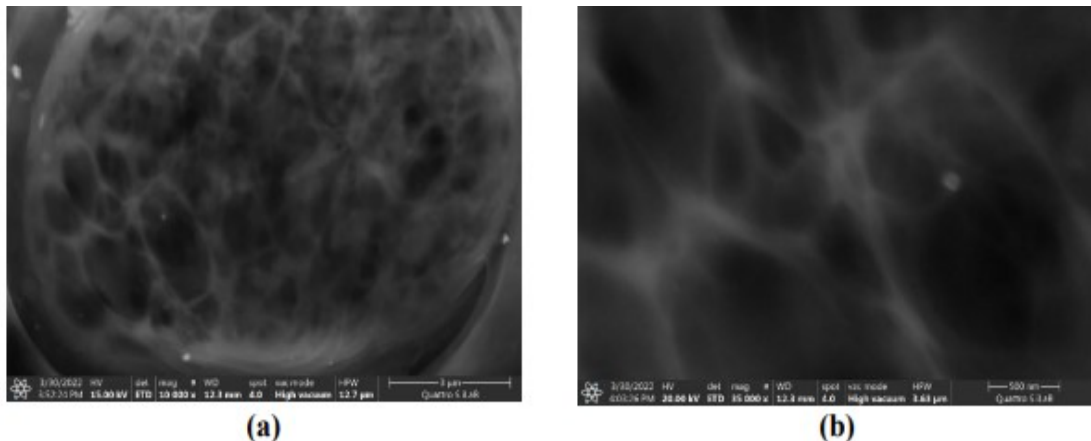


**Gambar 3** Hasil Pengukuran Modulus Elastisitas

Nilai modulus elastisitas tertinggi yaitu 198,66 MPa pada plastik *biodegradable* dengan penambahan kitosan 0,84 g (menggunakan pati) dan terendah yaitu 52,26 MPa pada film plastik tanpa menggunakan kitosan. Pada Gambar 3 terjadi penurunan dan kenaikan nilai modulus elastisitas karena beberapa faktor yaitu pencampuran yang kurang homogen sehingga penyisipan bahan pemplastis ke dalam matriks plastik *biodegradable* belum berlangsung sempurna dan perpanjangan putus yang dihasilkan tidak maksimal.

### 3.5 Analisa Hasil *Field Emission Scanning Electron Microscope* (FESEM)

FESEM merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari sampel. Karakterisasi FESEM digunakan untuk mengetahui struktur mikro dari sampel plastik *biodegradable*. Karakterisasi FESEM memberikan informasi mengenai bentuk permukaan, struktur, dan ukuran dari sampel. Berdasarkan hasil karakterisasi FESEM film plastik diperoleh data seperti pada Gambar 4 (a) dan 4 (b).

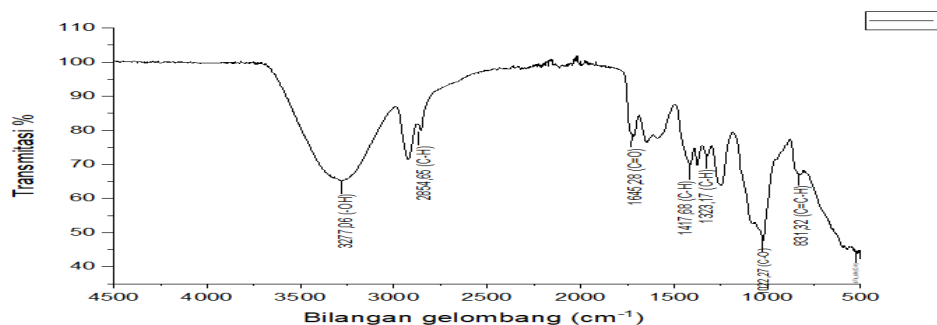


Gambar 4 a) Hasil Karakterisasi FESEM Perbesaran 10.000x b) Perbesaran 35.000x

Berdasarkan Gambar 4(a) dan 4(b) pengamatan menggunakan FESEM dengan perbesaran 10.000x dan 35.000x diperoleh permukaan plastik *biodegradable* yang tidak rapat. Terdapat rongga serta butiran partikel pada plastik *biodegradable* hal ini kemungkinan disebabkan oleh kitosan yang ukuran partikelnya cukup besar sehingga tidak terlarut sempurna. Gambar tersebut juga menunjukkan permukaan yang kurang halus dan berpori. Permukaan yang tidak halus dan berpori tersebut mengindikasikan bahwa plastik *biodegradable* kurang homogen. Hal ini bisa terjadi akibat proses pencampuran serta pengadukan yang kurang baik, atau larutan plastik *biodegradable* diangkat dari *hotplate* sebelum mencapai keadaan homogen.

### 3.6 Analisa Hasil FTIR

Pengujian FTIR adalah suatu metode analisis gugus fungsi dengan cara menentukan dan merekam hasil spektra residu dengan serapan energi oleh film plastik pada sinar inframerah. FTIR menghasilkan data berupa grafik intensitas dan frekuensi. Intensitas menunjukkan tingkatan jumlah senyawa sedangkan frekuensi menunjukkan jenis senyawa yang terdapat dalam sampel. Hasil spektrum FTIR gugus fungsi film plastik dengan rentang bilangan gelombangnya (500-4500)  $\text{cm}^{-1}$  seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Hasil Spektrum FTIR

Berdasarkan Gambar 5 bilangan gelombang 3277,06  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya serapan gugus hidroksil (-OH) dari regangan alkohol. Puncak vibrasi ini menunjukkan terjadinya serapan molekul air pada nanoserat dan kitosan. Pada puncak gelombang 2854,66  $\text{cm}^{-1}$  berhubungan dengan vibrasi gugus

fungsi C-H (alkana) yang mengindikasikan terdapat selulosa pada plastik *biodegradable*. Pada bilangan gelombang 1645,28  $\text{cm}^{-1}$  berhubungan dengan gugus C=O (karbonil). Puncak bilangan gelombang dari 1417,68  $\text{cm}^{-1}$  dan 1323,17  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi gugus C-H. Puncak bilangan gelombang 1022,27  $\text{cm}^{-1}$  berikatan dengan gugus C-O (ester). Adanya gugus C=O dan C-O pada plastik yang disintesis mengindikasikan bahwa plastik *biodegradable* memiliki kemampuan biodegradabilitas (Darni dan Utami, 2009). Gugus fungsi dari film plastik berbahan dasar nanoserat pinang adalah -OH, C-H, C=O, C-O.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa nanoserat pinang memiliki diameter partikel (79-187) nm dengan distribusi partikel 25%, 50% dan 75%. Penambahan kitosan dapat membuat plastik *biodegradable* yang dihasilkan kuat dan sulit untuk dirobek. Akan tetapi jika penambahan kitosan terlalu banyak, plastik *biodegradable* menjadi sangat tidak diuntungkan karena regangan mulai mengalami penurunan. Kondisi optimum kuat tarik pada variasi 0,84 g dengan nilai 20,04 MPa, regangan 138,56% pada variasi 0,7 g, modulus elastisitas 198,56 MPa pada variasi 0,84 g menggunakan pati. Seluruh nilai kuat tarik, dan regangan pada variasi (0-0,7) g dari plastik *biodegradable* yang telah dihasilkan sudah memenuhi *Japan Industrial Standar 2-1702*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Binoj, J. S., Raj, R. E., Sreenivasan, V. S., dan Thusnavis, G. R., 2016, Morphological, Physical, Mechanical, Chemical and Thermal Characterization of Sustainable Indian Areca Fruit Husk Fibers (*Areca Catechu L.*) as Potential Alternate for Hazardous Synthetic Fibers. *Journal of Bionic Engineering*, Vol.13, No.1.
- Chandra, J., George, N., dan Narayanankutty, S., 2016, Isolation and Characterization of Cellulose Nanofibrils From Arecanut Husk Fibre. *Carbohydrate Polymers*, Vol.142, hal 158-166.
- Darni, Y., dan Utami, H, 2009, Studi Pembuatan Dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, Vol.7, no 2.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2018, Data Umum Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, <http://sipsn.menlhk.go.id/?q=3a-data-umum&page=7>, diakses 2 Januari 2022
- Nuryadin, B., 2020, *Pengantar Fisika Nanomaterial: Teori dan Aplikasi*, UIN Sunan Gunung Djati.
- Rahayu, T., 2012, Sifat Mekanik Selulosa Bakteri dari Air Kelapa dengan Penambahan Kitosan, *Jurnal Penelitian Saintek*, Vol.19, No.2.
- Tamiogy, W. R., Kardisa, A., Hisbullah, H., dan Aprilia, S., 2019, Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Kulit Buah Pinang Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioplastik. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, Vol.14, No.1.
- Zuhra, Hasan, M., dan Nasir, M., 2017, Pembuatan Plastik Biodegradable dari Kitosan, Pati Bonggol Pisang (*Musa paradisiaca,L*), dan Minyak Jarak (*Castor Oil*), *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Kimia*, Vol.2, No.3.