

ORIGINAL ARTICLE

## PEMBUATAN PLASTIK BIODEGRADABLE DARI LIMBAH KULIT NANAS DENGAN PLASTICIZER SORBITOL

Sriwijayanti\*<sup>1</sup> · Ardi Ganda<sup>1</sup> · Boima Situmeang<sup>1</sup> · Micha Mahardika<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Kimia, Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon, Banten

<sup>2</sup>Program Studi Diploma Tiga Analis Kimia, Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon, Banten

\*Corresponding author: [sriwijayanti6@gmail.com](mailto:sriwijayanti6@gmail.com)

Diterima: 28-02-2024 | Direvisi: 10-03-2024 | Disetujui: 23-05-2024 | Dipublikasi: 27-05-2024  
Pubsains 2024

**Abstrak.** Plastik biodegradable merupakan jenis plastik yang terbuat dari biopolimer. Biopolimer adalah polimer yang tersusun atas biomassa yang dapat diperbaharui. Proses pembuatan plastik biodegradable menggunakan metode polimerisasi. Bahan pembuat plastik biodegradable meliputi biopolimer, aquadest, asam cuka, dan plasticizer. Pada penelitian ini biopolimer yang digunakan adalah selulosa dari limbah kulit nanas dan plasticizer yang digunakan adalah sorbitol. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh penambahan plasticizer sorbitol terhadap biodegradabilitas dari bioplastik yang dibuat. Pada penelitian ini, pembuatan bioplastik menggunakan variasi sorbitol (0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 mL). Karakterisasi yang digunakan meliputi uji ketahanan air, uji biodegradabilitas dan analisis gugus fungsi. Dari hasil uji ketahanan air didapatkan kondisi terbaik pada bioplastik dengan penambahan sorbitol 2,5 mL sebesar 93,33% dan uji biodegradabilitas optimum didapatkan pada bioplastik dengan penambahan sorbitol 2,5 mL sebesar 77,78%. Bioplastik yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi gugus fungsinya dengan menggunakan FT-IR terdapat gugus -OH, -CH, -NH<sub>2</sub>, dan -CO menunjukkan bahan bioplastik merupakan bahan yang mudah terdegradasi karena bahan penyusunnya merupakan senyawa organik.

**Kata Kunci:** Kulit nanas, Selulosa, Sorbitol, Bioplastik

**Abstract.** Biodegradable plastic is a type of plastic made from biopolymers. Biopolymers are polymers composed of renewable biomass. The process of making biodegradable plastics uses the polymerization method. The materials for making biodegradable plastics include biopolymers, aquadest, acetic acids, and plasticizers. In this study the biopolymer used cellulose from pineapple skin waste and the plasticizer used sorbitol. This study aims to determine the effect of adding sorbitol plasticizers to the biodegradability that made by bioplastics. In this study, the manufacture of bioplastics used variations of sorbitol (0.5; 1; 1.5; 2; and 2.5 mL). Characterization includes water resistance test, biodegradability test and functional group analysis. From the results of the water resistance test found the best conditions in bioplastics with the addition of 2.5 mL sorbitol by 93.33% and optimum biodegradability test was obtained in bioplastics with the addition of 2.5 mL sorbitol at 77.78%. The resulting bioplastics are characterized by their functional groups using FT-IR, there are -OH, -CH, -NH<sub>2</sub> groups, and -CO shows that bioplastics are easily degraded materials because their constituents are organic compounds.

**Keywords:** Pineapple skin, Cellulose, Sorbitol, Bioplastics

### PENDAHULUAN

Plastik merupakan salah satu kemasan yang banyak digunakan karena dapat menjadikan hidup manusia lebih mudah. Penggunaan plastik yang semakin meluas disebabkan oleh kelebihan yang dimilikinya, yaitu plastik mudah dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran, mempunyai ketahanan kimia yang tinggi, dapat diatur keelastisannya, murah, dan dapat bertahan untuk waktu yang lama. Kelebihan plastik ini pula yang menjadikan plastik sebagai salah satu polutan yang sangat besar pengaruhnya. Harga plastik yang murah membuat orang dengan mudah

membuang dan menjadikannya tumpukan sampah yang sulit dihancurkan oleh alam (Firdaus, 2008). Plastik juga mempunyai kelemahan dari sisi lingkungan dan keamanan pangan. Sampah plastik menjadi masalah lingkungan berskala global. Plastik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, tetapi plastik yang beredar di pasaran saat ini merupakan polimer sintetik yang terbuat dari minyak bumi yang sulit untuk dihancurkan secara alami (non-biodegradable). Akibatnya semakin banyak yang menggunakan plastik, akan semakin meningkat pula pencemaran lingkungan (Averous, 2004).

Plastik *biodegradable* merupakan salah satu inovasi yang diciptakan untuk mengurangi jumlah pencemaran yang disebabkan sampah plastik. Plastik *biodegradable* terbuat dari campuran polimer sintesis dengan bahan alami seperti pati atau selulosa. Selulosa merupakan *biopolymer* yang dapat diperoleh dari hasil pertanian. Polimer hasil pertanian mempunyai sifat termoplastik sehingga mempunyai potensi untuk dibentuk atau dicetak menjadi film kemasan. Keunggulan polimer jenis ini adalah tersedia sepanjang tahun (*renewable*) dan mudah hancur secara alami (*biodegradable*). Berdasarkan hal tersebut, polimer jenis ini dapat digunakan sebagai bahan bioplastik yaitu plastik yang dapat diuraikan kembali oleh mikroorganisme secara alami menjadi senyawa yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, selulosa memiliki potensi sebagai bahan bioplastik (Shofyan, 2010).

Buah nanas (*Ananas comosus* L. Merr) merupakan salah satu jenis buah yang terdapat di Indonesia, mempunyai penyebaran yang merata. Selain dikonsumsi sebagai buah segar, nanas juga banyak digunakan sebagai bahan baku industri pertanian. Dari berbagai macam pengolahannya nanas seperti selai, manisan, sirup, dan lain-lain maka akan didapatkan kulit yang cukup banyak sebagai hasil buangan atau limbah (Rosyidah, 2010). Komponen terbesar dalam kulit nanas adalah air (86,7%) dan karbohidrat (10,54%) dimana karbohidrat terbagi menjadi tiga yaitu: monosakarida (glukosa dan fruktosa), disakarida (sukrosa, maltosa dan laktosa) dan polisakarida (amilum, glikogen dan selulosa). Mengingat kandungan gula yang cukup tinggi tersebut maka kulit nanas memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable* film (Rakhmat dan Fitri, 2007).

Secara umum *biodegradable* film diartikan sebagai film yang dapat didaur ulang dan dapat dihancurkan secara alami. Dalam kondisi dan waktu tertentu *biodegradable* film akan mengalami perubahan dalam struktur kimianya karena aktifitas mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan alga (Latief, 2001).

*Plasticizer* adalah senyawa adiktif yang ditambahkan kepada polimer untuk menambah fleksibilitas dan *workability*-nya. *Plasticizers* merupakan substansi non volatil, mempunyai titik didih yang tinggi, dan jika ditambahkan ke dalam materi lain dapat mengubah sifat fisik atau sifat mekanik bahan tersebut. Beberapa

*plasticizers* yang biasa digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* antara lain glycerol, sorbitol dan polyethylene glycol (Han, 2005).

Sorbitol adalah alkohol gula, dan merupakan pemanis yang ditemukan dalam sejumlah produk. Sorbitol merupakan zat humectant (pengatur kelembaban) dan *texturizing*. *Plasticizers* seperti sorbitol mempunyai kemampuan mengurangi ikatan hidrogen internal dan meningkatkan jarak intermolekuler. Sorbitol juga memberikan tingkat kelenturan tertinggi diantara jenis *plasticizers* lainnya (Romadoniyah, 2012).

Dari hasil penelusuran pustaka, belum ada penelitian yang meneliti pembuatan plastik *biodegradable* dari limbah kulit nanas menggunakan *plasticizer* sorbitol. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dan diharapkan merupakan salah satu penyelesaian dalam mengatasi keterbatasan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui.

## METODE

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2019 sampai dengan selesai di Laboratorium Sekolah Tinggi Analisis Kimia Cilegon dan pengujian karakterisasi pada *biodegradable* film dilakukan di Laboratorium PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk.

### Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah baskom, alat penggiling (*blender*), alat penyaring, gelas kimia, neraca analitis, botol aquadest, desikator, sentrifius, erlenmeyer, pH meter, gelas ukur, pipet ukur, *ball pipet*, *magnetic stirrer*, *hot plate*, oven, tabung reaksi, pipet tetes, dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) Merk Thermo Nicolet iS50.

Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan *biodegradable* film dalam penelitian ini adalah nanas yang diperoleh dari pasar tradisional di kota Cilegon. Sedangkan bahan lain yang digunakan adalah sorbitol, kitosan, aquadest, etanol, NaOCl, NaOH, CH<sub>3</sub>COOH dan HCl.

### Prosedur kerja

#### Prosedur untuk memperoleh selulosa murni ampas nanas

Kulit nanas sebanyak 2 kg ditambahkan aquadest 100 mL, diblender kemudian diambil suspensinya. Suspensi tersebut disentrifugasi selama 10 menit

dengan kecepatan 3700 rpm, dipisahkan antara filtrat dan endapannya. Kemudian endapan ditambahkan air 100 mL, dipanaskan selama 16 menit suhu 100°C, didinginkan selama 16 menit, disentrifugasi selama 10 menit, 3700 rpm, dipisahkan air limbah dan endapannya. Setelah itu, endapan ditambahkan air 100 mL, dicuci, dipisahkan air limbah dan didapat selulosa nanas (pemurnian awal).

#### Prosedur pemurnian kulit nanas

Selulosa nanas ditambahkan NaOCl 1%, direndam selama 1 jam, disentrifugasi selama 10 menit, 3700 rpm, dipisahkan filtrat dan endapannya. Kemudian endapan ditambahkan air dan dicuci hingga bersih, disaring vakum, dipisahkan air limbah dan didapat selulosa nanas. Setelah itu, ditambahkan HCl, dihidrolisis selama 2 jam suhu 80°-85°C, ditambahkan air, dicuci, dipisahkan antara air limbah dan selulosa nanas. Kemudian selulosa ditambahkan NaOH 0,5M, direndam selama 2 jam, ditambahkan air, dicuci, dipisahkan air limbah dan didapat selulosa murni.

#### Prosedur pembuatan *biodegradable* film

Sebanyak 5 g selulosa murni ditambahkan dengan aquadest 50 mL, etanol 15 mL, sorbitol 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 mL, kitosan 1,5%, dan asam asetat 30 mL, dipanaskan pada suhu 70°C, diaduk selama 30 menit, dihilangkan gelembung dengan pengadukan, dicetak pada kaca berukuran 20 x 20 cm. Setelah itu dikeringkan pada suhu ruang selama 48 jam, kemudian didapat plastik *biodegradable* yang siap diuji karakteristiknya.

#### Pengujian FT-IR (Fourier Transform Infra-Red) *Thermo Nicolet iS50*

Spektrum IR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam plastik. Gugus fungsi komponen penyusun ini dibandingkan dengan gugus fungsi pada limbah kulit nanas sehingga dapat diperkirakan jenis interaksi yang terjadi.

#### Teknik Pengumpulan Data dan Analisa Data

##### Analisa Uji *Biodegradable*

Berdasarkan standar ASTM D6400 dan EN 13432, plastik *biodegradable* dapat terdegradasi sekitar 60-90% selama 180 hari. Plastik *biodegradable* berbasis ampas nanas diuji sifat *biodegradable* nya dengan memasukkan sampel berukuran 3 x 3 cm ke dalam tanah. Perlakuannya pertama yaitu ditimbang berat awal sebelum terdegradasi lalu setelah terdegradasi ditimbang lagi untuk mengetahui berapa % perubahannya (Indah, 2015).

Perhitungan:

$$\% \text{ Bahan yang terdegradasi} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan :

$W_0$  = Berat awal bahan (g)

$W_1$  = Berat akhir bahan (g)

#### Analisa Uji Water Absorption

Sampel di potong dengan ukuran 3 x 3 cm. Sampel didinginkan kedalam desikator selama 15 menit. Sampel di timbang berat awalnya ( $W_0$ ). Setelah itu di rendam kedalam air selama 10 detik. Kemudian sampel dikeringkan dengan menggunakan tisu kering dan di timbang berat akhirnya. Lakukan pengulangan perendaman sampai didapatkan berat konstan (Setiani, 2013).

Perhitungan:

$$\% \text{ Peningkatan berat bahan} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan:

$W_0$  = Berat sampel pada kondisi awal (g)

$W_1$  = Berat akhir sampel setelah direndam (g)

#### Analisa Uji gugus fungsi (FTIR)

Sampel dipreparasi dalam bentuk bubur (*mull*), bubur diperiksa dalam sebuah film tipis yang diletakkan diantara lempengan-lempengan garam yang datar. Pengujian dilakukan dengan menjepit film hasil campuran pada tempat sampel. Kemudian film diletakkan pada alat kearah sinar infra merah. Hasilnya akan ditampilkan sebagai kurva bilangan gelombang dari 4000-500  $\text{cm}^{-1}$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembuatan Plastik

Proses pembuatan plastik *biodegradable* menggunakan metode polimerisasi. Bahan pembuat plastik *biodegradable* meliputi biopolymer, aquadest, asam cuka, dan plasticizer. *Biopolymer* dapat berasal dari protein, lipid, dan polisakarida. Polisakarida dapat berasal dari kitosan, selulosa, dan pati. *Biopolymer* dipilih karena berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbarui, biomassa umum, dan memiliki keuntungan bagi lingkungan karena dapat terurai secara alami dan mengurangi emisi karbondioksida (Suderman, 2018). Pada penelitian ini, *biopolymer* yang digunakan adalah selulosa.

*Plasticizer* (bahan pelembut) adalah bahan dengan berat molekul rendah yang ditambahkan pada suatu produk dengan tujuan untuk menurunkan kekakuan dari polimer, sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan

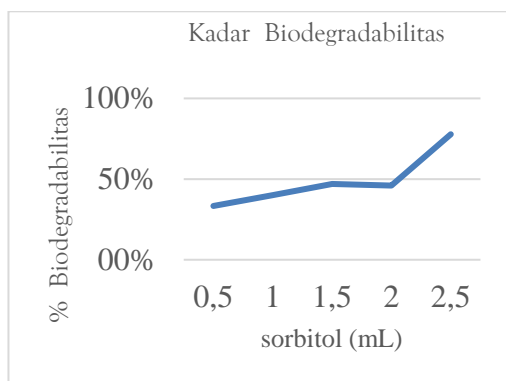
ekstensibilitas polimer. Peningkatan kualitas plastik *biodegradable* oleh *plasticizer* dengan mengurangi interaksi antarmolekul yang kuat antara molekul sehingga mobilitas rantai polimerik meningkat (Ivanić, 2017). Pada penelitian ini menggunakan *plasticizer* sorbitol karena pada penelitian sebelumnya menggunakan *plasticizer* gliserol.

### Hasil Uji Biodegradabilitas

Tabel hasil uji biodegradabilitas plastik *biodegradable* dari limbah kulit nenas dengan *plasticizer* sorbitol dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji *Biodegradabilitas*

Sorbitol (mL)	Kadar Biodegradabilitas	Perkiraan Waktu Degradasi	Degradabilitas
0,5	33,00%	3 Hari 0 Jam	60 mg/Hari
1,0	40,00%	2 Hari 12 Jam	60 mg/Hari
1,5	47,06%	2 Hari 3 Jam	80 mg/Hari
2,0	45,90%	2 Hari 4 Jam	280 mg/Hari
2,5	77,78%	1 Hari 7 Jam	mg/Hari



Gambar 1. Grafik kadar biodegradabilitas

Berdasarkan Gambar 1 di atas menunjukkan persen *biodegradabilitas* berat bioplastik yang hilang setelah terdegradasi cukup besar, hal ini dikarenakan sifat dari komponen-komponen penyusun bioplastik yang memang mudah didegradasi secara alami. Grafik yang ditunjukkan hasil uji biodegradabilitas ini tidak linear, tetapi apabila dilihat dari kelarutan dalam air, kemampuan *biodegradasi* bioplastik semakin meningkat seiring dengan menurunnya kelarutan dalam air. Hal ini berhubungan dengan kemampuan bioplastik dalam menyerap air, yaitu semakin banyak

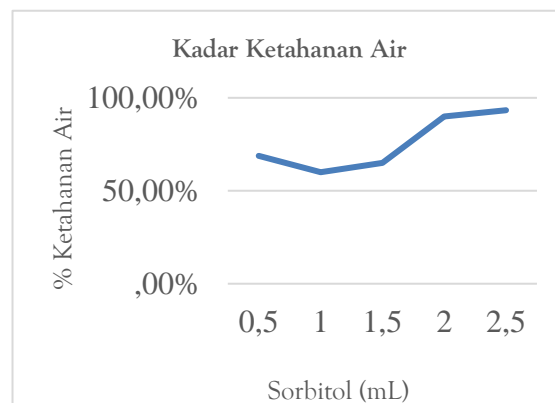
kandungan air suatu material, maka semakin mudah material tersebut untuk terdegradasi, hal itu dikarenakan air merupakan media bagi sebagian besar mikroba dan bakteri (Anggarini, 2013). Dapat dilihat pada penambahan sorbitol 2,5 mL memiliki nilai ketahanan air paling besar diantara lainnya yaitu sebesar 93,33% dan memiliki nilai *biodegradabilitas* yang paling besar juga yaitu 77,78%. Pada penambahan sorbitol 0,5 mL memiliki nilai ketahanan air cukup tinggi sebesar 68,75% dan memiliki nilai biodegradabilitas paling rendah sebesar 33%. Sedangkan pada penambahan sorbitol 2 mL terjadi penurunan nilai biodegradabilitas dikarenakan beberapa faktor antara lain kondisi cuaca dan lingkungan sekitar. Nilai kehilangan berat ini berpengaruh pada perkiraan waktu degradasi. Semakin besar nilai kehilangan beratnya, semakin cepat perkiraan waktu degradasi, sebaliknya semakin kecil nilai kehilangan berat semakin lama perkiraan waktu degradasinya.

### Hasil Uji Ketahanan Air

Tabel hasil uji ketahanan air plastik *biodegradable* dari limbah kulit nenas dengan *plasticizer* sorbitol dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Ketahanan Air

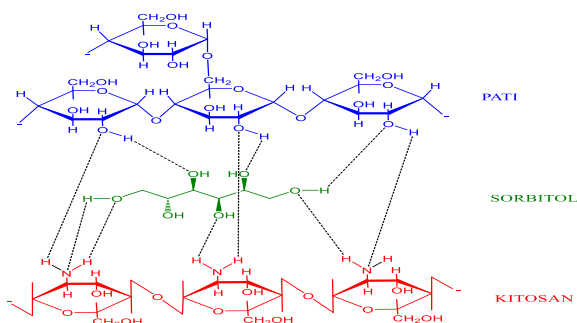
Sorbitol (mL)	Kadar Ketahanan Air
0,5	68,75%
1,0	60,00%
1,5	65,00%
2,0	90,00%
2,5	93,33%



Gambar 2. Grafik kadar ketahanan air

Dari Gambar 2 di atas kandungan air yang diserap bervariasi dan tidak membentuk linear, sehingga perbedaan volume penambahan sorbitol tidak berpengaruh terhadap kandungan air yang diserap. Hal ini dapat dijelaskan karena sorbitol adalah senyawa monosakarida polihidrik alkohol yang bersifat hidrofilik sehingga sorbitol bersifat mudah larut dengan air. Ada pun jarak kadar ketahanan air antara setiap volume sorbitol cukup jauh, hal ini dapat diakibatkan oleh permukaan bioplastik yang tidak rata dan bergelombang pada proses pencetakan.

Berdasarkan uji yang dilakukan didapat kondisi terbaik penyerapan air pada konsentrasi *plasticizer* sorbitol 2,5 mL yang memiliki ketahanan air sebesar 93,33%, hal ini juga dipengaruhi oleh adanya gugus hidroksida OH- pada plastik yang menyebabkan bioplastik ini masih bersifat hidrofilik. Bahan pendukung pada penelitian ini yaitu kitosan yang menyebabkan bioplastik memiliki ketahanan terhadap air, hal ini karena kitosan adalah senyawa yang bersifat hidrofobik. Dimana semakin tinggi nilai ketahanan terhadap air maka bioplastik yang dihasilkan semakin baik pula (Sriwahyuni, 2018).



**Gambar 3. Interaksi Hidrogen Antara Kitosan, Sorbitol, dan Pati**

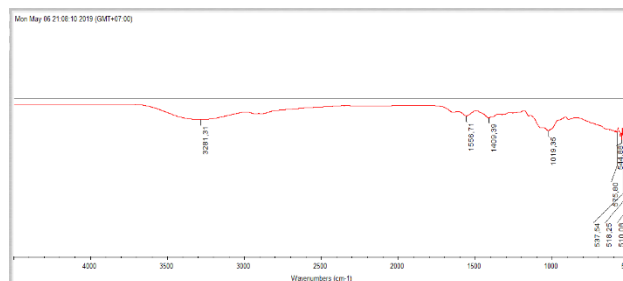
Berdasarkan Gambar 3 di atas menampilkan ilustrasi interaksi hidrogen antara pemplastis dengan polimer. Penambahan sorbitol digunakan sebagai pemplastis (*Plasticizer*). Bioplastik memerlukan campuran bahan aditif untuk mendapatkan sifat mekanis yang lunak, ulet dan kuat. Interaksi antara polimer dengan pemplastis dipengaruhi oleh sifat afinitas kedua komponen, jika polimer pemplastis tidak terlalu kuat maka akan terjadi plastisasi antara struktur (molekul pemplastis hanya terdistribusi diantara struktur). Plastisasi ini hanya mempengaruhi gerakan dan mobilitas struktur (Farida, 2012). Pemplastis mampu membentuk banyak ikatan hidrogen dan berinteraksi dengan polimer dengan cara mengganggu ikatan polimer-polimer serta menciptakan jarak antara rantai polimer.

Jika terjadi interaksi polimer-polimer cukup kuat maka molekul pemplastis akan terdifusi ke dalam rantai polimer (rantai polimer amorf membentuk satuan struktur globular yang disebut *bundle*) menghasilkan plastisasi infrestruktur intra *bundle*. Dalam hal ini molekul pemplastis akan berada di antara rantai polimer dan mempengaruhi mobilitas rantai yang dapat meningkatkan plastisasi sampai batas kompatibilitas yaitu sejumlah yang dapat terdispersi (terlarut) dalam polimer. Jika jumlah pemplastis melebihi batas ini, maka akan terjadi sistem yang heterogen dan plastisasi melebihi tidak efisien lagi (Farida, 2012).

Sorbitol yang berfungsi sebagai *plasticizer* ini akan terletak diantara rantai biopolimer sehingga jarak antar kitosan dan pati akan meningkat. Menurut Yuana dan Karsono (2016), hal ini membuat ikatan hidrogen antara kitosan-pati berkurang dan digantikan menjadi interaksi hidrogen antara kitosan-sorbitol dan sorbitol-pati, dengan demikian bioplastik akan semakin elastis.

### Hasil Uji FT-IR

Bioplastik yang dihasilkan dianalisis menggunakan Fourier Transform-Infra Red (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam bioplastik. Pada spektroskopi inframerah, radiasi inframerah dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi inframerah diserap oleh sampel dan sebagian lagi dilewatkan. Hasil analisis ini berupa peak yang akan memperlihatkan munculkan gugus-gugus penyusun bioplastik pada rentang serapan tertentu. Analisa FTIR dilakukan di Laboraturium PT. Chandra Asri Petrochemical, Tbk. Hasil analisis bioplastik menggunakan FTIR dapat dilihat pada gambar dibawah:



**Gambar 4. Hasil Spektrum FTIR Bioplastik**

Berdasarkan Gambar 4 di atas terdapat beberapa puncak yang menunjukkan adanya gugus-gugus fungsi yang menyatakan kandungan selulosa, kitosan, dan sorbitol pada bioplastik. Dapat dilihat pada

bilangan gelombang  $3281.31\text{ cm}^{-1}$  yang melebar menunjukkan adanya gugus O-H. Sorbitol sendiri yang merupakan polihidrik alkohol memiliki banyak gugus O-H. Pada puncak serapan  $2700\text{-}2900\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-H. Pada acuan penelitian sebelumnya (Bahmid, 2014) juga menunjukkan adanya gugus O-H pada bilangan gelombang  $3618\text{ cm}^{-1}$  dan adanya gugus C-H pada bilangan gelombang  $2962\text{ cm}^{-1}$ . Pada bilangan gelombang antara  $1620\text{-}1650\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus N-H (*Secondary amide*) yang berasal dari kitosan. Ada pun pada bilangan gelombang  $1234\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-O.

## SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa dari hasil uji yang dilakukan didapat pengaruh penambahan sorbitol dimana semakin banyak sorbitol yang ditambahkan maka semakin tinggi nilai ketahanan air dan biodegradabilitasnya, dan dari hasil uji yang dilakukan didapat konsentrasi sorbitol terbaik yaitu pada penambahan sorbitol 2,5 mL yang memiliki ketahanan air sebesar 93,33% dan biodegradabilitas sebesar 77,78%.

Mengacu pada hasil akhir karakterisasi dan pembahasan diatas, penelitian ini masih harus disempurnakan. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya disarankan bioplastik dari limbah kulit nanas dan kitosan kulit udang serta *plasticizer* menggunakan sorbitol ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variabel dan metode yang berbeda untuk mengetahui sifat mekaniknya sehingga dapat digunakan sebagai plastik yang ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

Abdillah, N. H. (2008). Skripsi Pembuatan Komposit pelat bipolar dengan matriks polipropilena (PP) dengan Penguat Karbon dan Aditif Polivinylidene Flouride (PVDF). Depok: Fakultas Teknik Departemen Metalogi Universitas Indonesia.

Amelia. (2010). Studi Kelarutan Kitosan dalam Asam Askorbat. Skripsi. Medan: Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara Medan.

Anggarini, F. Latifah, dan Miswadi, S. S. (2013). *aplikasi plastikizer gliserol p ada pembuatan plastik biodegradable dari biji nangka*. Semarang: Jurnal Universitas Negeri Semarang vol. 2(3). 174-178

Artati, E. K. (2010). Konstanta Kecepatan Reaksi Sebagai Fungsi Suhu Pada Hidrolisa Selulosa Dari Ampas Tebu Dengan Katalisator Asam Sulfat.

Averous, L. (2004). Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review, *J. Of Macromolecular Science*. (12): 123-130.

Dwiputri, N. (2015). Pemanfaatan Biji Durian sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Plasticizer Sorbitol dan Tepung Tapioka. *Jurnal. Palembang: Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya*.

Einbu, A. (2007). Characterisation of Chitin and a Study of Its Acid-Catalyzed Hydrolysis, Thesis for The Degree of Philosophiae Doctor. Norwegian University of Science and Technology. Dept. of Biotechnology. Noorwegian.

Farida, (2012). Pemanfaatan Serat Enceng Gondok Dan Kitosan Sebagai Bahan Baku Untuk Pembuatan *Poly Lactic Acid* Sebagai Kemasan Ramah Lingkungan. [Skripsi]. Medan: Universitas Sumatra Utara.

Firdaus, M. (2008). Manajemen Agribisnis. Jakarta: Bumi Aksara.

Han, J. H. dan Gennadios, A. (2005). Edible films and coatings: a review. J. H. Han (Ed.). *Innovations in Food Packaging*, pp. 239-262. London: Elsevier Academic Press. Indah.

Ivanič, F., Johec-Mošková, D., Janigová, I., & Chodák, I. (2017). Physical properties of starch plasticized by a mixture of plasticizers. *European Polymer Journal*, 93, 843-849. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2017.04.006>

Latief, R. (2001). Teknologi kemasan plastic biodegradable. [http://www.hayati\\_ipb.com/users/rudyet/individu\\_2001/Rindam\\_latief.htm-87k](http://www.hayati_ipb.com/users/rudyet/individu_2001/Rindam_latief.htm-87k). Diakses pada 30 Juni 2012.

Marbun, E. S. (2012). Sintesis Bioplastik dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam ZnO dan Penguat Alami Selulosa. Skripsi. Depok: Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia Universitas Indonesia.

Munawir, I. R. (2010). Pembuatan Sorbitol dari Sirup Glukosa dengan Proses Hidrogenasi Katalitik Kapasitas 60 Ton/hari. Tugas Akhir. Medan: Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara Medan.

Rahmawati, A. (2011). Pemanfaatan Kulit Pisang Raja (*Musa sapientum*) dalam Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Plasticizer

- Gliserin dari Minyak Jelantah. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Romadloniyah, F. (2012). Pembuatan dan Karakteristik Plastik Biodegradable dari Onggok Singkong dengan Plastilizer Sorbitol. Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Rosyidah, (2010). <http://rosyidah.com/2010/06/11/pt-great-giant-pineapple-ggpc-lumbung-nanas-raksasa-di-indonesia/>. Diakses 6 Oktober 2017.
- Sanjaya. (2011). Pengaruh Penambahan Khitosan dan Plasticizer Gliserol pada Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Limbah Kulit Singkong. Skripsi, Teknik Kimia FTI-ITS.
- Setiani, W. (2013). Preparasi dan Karakterisasi Edible Film dari Poliblend Pati Sukun Kitosan. Jurnal. Bandung: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Jurusan Kimia Sunan Gunung Djati Bandung.
- Shofyan, M. (2010). Jenis Biopolimer. Tersedia dari: <http://forum.upi.edu/v3/index.php?topic=15650.0>. Diakses 12 Februari 2012.
- Sriwahyuni. (2018). Pembuatan Bioplastik Dari Kitosan Dan Pati Jagung Dengan Menggunakan Glutaraldehyd Sebagai Pengikat Silang. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin
- Suderman, N., Isa, M. I. N., & Sarbon, N. M. (2018). Food Bioscience The effect of plasticizers on the functional properties of biodegradable gelatin-based film: A review, 24(June), 111-119. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.06.006>
- Suparyono, B. O. (2015). Substitusi Tepung Kimpul (*Xanthosoma Sagittifolium*) Dan Tepung Terigu Terhadap Sifat Fisiko Kimia Dan Sensori Roti Manis. Jurnal. Lampung: Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Susilawati. (2011). Biodegradable plastics from A Mixture of Low Density Polyethylene (LDPE) and Cassava Starch With The Addition of Acrylic Acid. Jurnal Natural Vol. 11 No. 2. Jurusan Kimia FMIPA. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala Darussalam.
- Wirawan, S. K. (2012). Pengaruh Plasticizer pada Karakteristik Edible Film dari Pektin. Jurnal. Yogyakarta: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.