

Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Gliserol Terhadap Degradasi Bioplastik Pati Singkong dalam Media Tanah dan Kompos

Ismah Nafilah^a, Endaruji Sedyadi, M.Sc.^b

Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga, Jl. Laksda Adi Sucipto, Yogyakarta

Surel: ^aismahkawaii93@gmail.com, ^bendaruji@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan sorbitol dan gliserol terhadap Degradasi Bioplastik Pati Singkong dalam media Tanah dan Kompos. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara penambahan sorbitol dan gliserol terhadap lama degradasi bioplastik pati singkong pada media tanah dan kompos. Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahap yaitu pembuatan bioplastik, pembuatan bioplastik dengan variasi sorbitol dan gliserol serta uji degradasi bioplastik dalam media tanah dan kompos. Konsentrasi sorbitol dan gliserol divariasikan masing-masing 10,20,30, dan 40% b/b. Bioplastik kemudian diuji dengan menggunakan FTIR, uji mekanik dan uji degradasi pada media tanah dan kompos. Uji FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi pada bioplastik. Uji sifat mekanik dilakukan untuk mengukur ketebalan, elongasi, dan kuat tarik. Uji degradasi dilakukan di tanah dan kompos untuk mengetahui tingkat degradasi bioplastik dalam kedua media tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa uji degradasi bioplastik dalam tanah telah habis terdegradasi setelah 2 hari, sedangkan plastik dengan penambahan sorbitol dan gliserol masing-masing habis terdegradasi setelah 9 hari dan 14 hari. Uji degradasi bioplastik dalam kompos telah habis terdegradasi setelah 8 hari, sedangkan bioplastik penambahan sorbitol dan gliserol masing-masing habis terdegradasi setelah 18 hari. Penambahan sorbitol memperlambat degradasi bioplastik dalam tanah selama 7 hari dan dalam kompos selama 10 hari, sedangkan penambahan gliserol memperlambat degradasi bioplastik dalam tanah selama 12 hari dan dalam kompos 10 hari.

Kata kunci: Bioplastik, pati singkong, sorbitol, gliserol, degradasi.

Abstract

Research has been carried out on the effect of approving sorbitol and glycerol on the degradation of bioplastic starch in cassava media in soil and compost. Research to study the relationship between the approval of sorbitol and glycerol on the degradation duration of bioplastic cassava starch on soil and compost media. This research was conducted in 3 stages, namely making bioplastics, making bioplastics with variations of sorbitol and glycerol as well as bioplastics degradation tests in soil and compost media. Sorbitol and glycerol concentrations were varied 10,20,30 and 40% b / b respectively. Bioplastics then test using FTIR, mechanical tests and degradation tests on soil and compost media. FTIR test was conducted to determine the functional groups in bioplastics. Mechanical properties test is done to measure thickness, elongation, and tensile

strength. The degradation test was carried out in soil and compost to determine the degradation rate of bioplastics in both media.

The results showed that the degradation of bioplastics in the soil was degraded after 2 days, while the plastic using sorbitol and glycerol were degraded after 9 days and 14 days respectively. Bioplastics degradation test in compost has been degraded after 8 days, while bioplastics require sorbitol and glycerol, each of which is degraded after 18 days. The addition of sorbitol extended the degradation of bioplastics in the soil for 7 days and in compost for 10 days, while glycerol spent the degradation of bioplastics in the soil for 12 days and in compost for 10 days.

Keywords: Bioplastics, cassava starch, sorbitol, glycerol, degradation.

1. Pendahuluan

Produksi dan konsumsi plastik polimer sintetik berbahan dasar minyak bumi di seluruh dunia saat ini mengalami peningkatan. Manusia banyak menggunakan plastik dalam kehidupannya, diantaranya sebagai pembungkus makanan, alas makan dan minum, keperluan sekolah, otomotif, dan sektor lainnya. Plastik memiliki keunggulan antara lain: fleksibel, ekonomis, transparan, kuat, tidak mudah pecah, bentuk laminasi yang mudah dikombinasi dengan bahan kemasan lain, dan sebagian ada yang tahan panas dan stabil (Nurminah,2002).

Metode yang umum digunakan dalam mengelola sampah plastik adalah dengan *landfiling*. Masalah dari metode ini adalah kurangnya lahan yang digunakan sementara limbah plastik terus bertambah setiap harinya. Metode lain yang sering digunakan masyarakat untuk memusnahkan sampah plastik adalah dengan cara membakarnya. Kekurangan dari metode ini adalah jika suhu pembakaran kurang dari 800°C, maka justru akan membentuk dioksin yang berbahaya (Platt,1994).

Oleh karena itu, perlu adanya solusi untuk mengatasi sampah plastik tersebut, salah satunya dengan pembuatan bioplastik yang berbahan ramah lingkungan. Bioplastik terbuat dari material yang dapat diperbaharui yaitu dari senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman misalnya pati, selulosa, protein atau lipid yang terdapat pada hewan. Bioplastik dirancang untuk memudahkan proses degradasi terhadap reaksi enzimatik mikroorganisme seperti bakteri dan jamur (Avella, 2009). Salah satu bahan yang mudah diurai adalah pati dari karbohidrat. Pati merupakan polisakarida yang dapat dijadikan bioplastik karena memiliki sifat yang universal, dapat diperbaharui dan harganya terjangkau (Ma, Chang, Yang, & Yu, 2009).

Salah satu sumber dari pati adalah tanaman singkong. Berdasarkan data Biro Pusat Statistik tahun 2012, produksi singkong di Indonesia mencapai 23,92 juta ton. Melimpahnya produksi singkong di Indonesia menunjukkan adanya potensi pengolahan singkong menjadi bahan pembuat bioplastik. Singkong dipilih menjadi bahan baku pembuatan bioplastik karena singkong mengandung karbohidrat sebesar 34 gram per 100 gram singkong.

Bioplastik yang dibuat menggunakan pati singkong mempunyai kekurangan yaitu sifat mekanik bioplastik yang masih rendah (kekuatan tarik, regangan dan modulus young) serta bersifat hidrofilik. Salah satu cara untuk mengatasinya dengan mencampurkan pati singkong dengan biopolimer lain seperti gliserol dan sorbitol yang merupakan penyusun minyak hewani dan minyak nabati. Penambahan gliserol dan sorbitol berfungsi memperbaiki kekurangan pati singkong agar lebih kuat, fleksibel dan licin (Lazuardi,dkk2013).

Penambahan bahan tertentu seperti sorbitol dan gliserol diperlukan untuk memperbaiki sifat dan karakter mekanik dari bioplastik pati singkong. Penambahan sorbitol dan gliserol agar plastik yang dihasilkan bersifat elastis, fleksibel dan tahan terhadap air. Kedua bahan tersebut dipilih sebagai bahan tambah karena mempunyai kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intramolekul. (Harahap, 2009).

Pembuatan bioplastik dengan menggunakan pati singkong telah banyak dilakukan. Nida (2015) telah melakukan pembuatan biplastik dengan menggunakan pati singkong dengan pektin buah melon, gliserol dan penambahan asam palmitat sebagai penghambat laju uap air. Lazuardi, dkk (2013) telah melakukan penelitian pembuatan bioplastik dari pati singkong, khitosan dan gliserol. Hasilnya penambahan gliserol meningkatkan laju degradasi bioplastik pati singkong. Riza, dkk (2013) telah melakukan penelitian tentang penambahan gliserol dan sorbitol terhadap sifat mekanik dan degradasi bioplastik pati sagu. Hasilnya kuat tarik menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi *plasticizer* dan berbanding terbalik dengan persen elongasi yang meningkat seiring bertambahnya konsentrasi *plasticizer* dan waktu degradasi 9-12 hari. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan sorbitol dan gliserol sebagai *plasticizer*.

Proses degradasi bioplastik pati singkong bergantung pada aktivitas mikroorganisme yang ada. Selain itu bobot molekul dari bahan, temperatur, hidrofilitas bahan merupakan faktor-faktor penting yang mempengaruhi proses degradasi. Sorbitol dan gliserol merupakan jenis pemlastis yang banyak digunakan dalam pembuatan bioplastik. Sorbitol dan gliserol ditambahkan karena keduanya pemlastis yang efektif dan bersifat hidrofilik sehingga berpengaruh terhadap degradasi bioplastik pati singkong serta mempunyai kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intramolekul (Harahap, 2009). Maka uji degradasi bioplastik pati singkong dilakukan untuk mengetahui kemampuan degradasinya pada penelitian ini.

Pada penelitian ini dilakukan studi mengenai pengaruh penambahan sorbitol dan gliserol terhadap degradasi bioplastik pati singkong. Parameter yang diamati adalah waktu degradasi bioplastik setelah ditambahkan sorbitol dan gliserol dalam beberapa media uji. Dalam penelitian ini uji degradasi dilakukan dalam media tanah dan kompos. Media tanah diambil karena umumnya masyarakat menggunakan tanah dalam pengolahan sampahnya. Sedangkan kompos digunakan untuk mencari alternatif lain dalam pengolahan sampah dan mengetahui media yang paling efektif.

Studi mengenai degradasi bioplastik menggunakan media tanah dan kompos telah banyak dilakukan. Apriyani (2014), Hidayat, dkk (2013), dan Indriyanto, dkk (2014) telah melakukan penelitian uji degradasi bioplastik dalam tanah. Nida (2015) telah melakukan uji degradasi bioplastik pati singkong menggunakan media tanah kompos kotoran sapi. Suharsono (2012) juga melakukan uji degradasi bioplastik dengan media tanah kompos kotoran sapi. Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Sumartono, dkk (2015) dengan menggunakan campuran tanah dan kompos untuk uji degradasi bioplastik yang dihasilkan. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan tanah dan kompos sebagai media dalam uji degradasi bioplastik.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan pengaruh penambahan sorbitol dan gliserol terhadap degradasi bioplastik pati singkong pada media tanah dan kompos.

2. Metode Penelitian

penelitian diawali dengan pembuatan pati singkong dengan cara mengekstrak pati dari singkong dengan pelarut air. Selanjutnya pembuatan biplastik dengan mencampurkan 5 gram pati singkong, 1,5 mL asam asetat dan 125 mL akuades. Sorbitol dan gliserol kemudian ditambahkan dengan masing-masing variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40% (b/b) dan dipanaskan pada suhu 70-80°C sambil diaduk selama 30 menit. Larutan selanjutnya didinginkan dan dituang ke dalam cetakan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 6 jam. Cetakan diangkat dan dimasukkan ke dalam desikator selama 24 jam. Bioplastik yang dihasilkan dilepas dari cetakan. Kemudian dianalisis FTIR dan sifat mekanik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembuatan Pati Singkong

Pembuatan pati singkong dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu pengupasan kulit, penghalusan singkong menggunakan blender, penyaringan, pengendapan, dan pengeringan. Ekstraksi pati didasarkan pada prinsip kelarutan pati terhadap air. Pati dipisahkan dari komponen kimia lain dengan cara diendapkan dalam air kemudian dikeringkan menggunakan oven (Kusnandar, 2010 dalam Sari, 2016).

a. Ekstraksi pati

Tahapan ekstraksi pati menghasilkan serbuk pati berwarna putih, dengan berat 153,84 gram dari 2 kg singkong. Pati singkong yang dihasilkan kemudian dianalisis menggunakan FTIR untuk mengetahui serapan khas gugus fungsi yang ada.

b. FTIR pati singkong

FTIR terhadap pati singkong dilakukan untuk mengetahui serapan gugus fungsi yang terkandung dalam pati. Spectrum pati singkong disajikan pola serapan Infra Merah ini mirip dengan pola serapan pati onggok singkong pada penelitian yang dilakukan oleh Apriyani (2014) pada Gambar 2.3. Tampak bahwa ada sedikit pergeseran serapan jika dibandingkan dengan Gambar 4.1. Serapan ulur gugus OH pada Gambar 2.3 terdapat pada bilangan gelombang 3425,58 cm^{-1} . Serapan ulur gugus C-H pada bilangan gelombang 2931,80 cm^{-1} dan diperkuat pita serapan sekitar 1373,32 cm^{-1} yang menunjukkan adanya CH_2 . Adanya gugus eter pada serapan 1026,13 cm^{-1} dan pada bilangan gelombang 1635,64 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C=O (Apriyani, 2014). Berdasarkan pola serapan ini maka dapat disimpulkan bahwa pati yang diekstraksi dari singkong pada penelitian ini memiliki gugus fungsi yang mirip dengan pati singkong pada umumnya.

3.2 Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik dilakukan dengan sedikit modifikasi metode yang telah digunakan oleh Hidayat dkk., (2013). Pembuatan bioplastik dilakukan dengan mencampurkan serbuk pati, asam asetat dan akuades kemudian dipanaskan pada temperatur 70-80°C. Tahap ini menghasilkan gel transparan berwarna.

Pemanasan dalam pembuatan bioplastik ini dilakukan untuk mencapai tahap gelatinisasi. Gelatinisasi adalah suhu dimana granula pati mengalami perpecahan (Winarno, 2002). Gelatinisasi disebabkan oleh putusannya ikatan hidrosil pada amilosa dan amilopektin karena pemanasan dalam air. Pemutusan ini menyebabkan air dapat masuk membentuk ikatan hidrosil dengan amilosa dan amilopektin. Proses ini menyebabkan terjadinya pembengkakan granula pati. Pembengkakan

granula pati menyebabkan ukuran granula meningkat sehingga granula pati tersebut pecah. Hal tersebut menyebabkan amilosa dan amilopektin berdifusi keluar sehingga terjadi gelatinisasi (Romadloniyah, 2012).

Reaksi antara molekul pati yang satu dengan yang lainnya menghasilkan polimer. Reaksi polimerisasi ini melibatkan gugus hidroksil pada C1 dari salah satu molekul pati dengan gugus hidroksil pada C4 melalui ikatan glikosidik. Penambahan asam asetat pada pembuatan bioplastik berfungsi sebagai terminator atau pemutus reaksi pada reaksi polimerisasi, yaitu memutus beberapa bagian ikatan glikosidik pada pati menjadi molekul pati yang lebih pendek (Kusnandar, 2010 dalam Apriyani, 2014) sehingga dapat berikatan dengan sorbitol atau gliserol membentuk bioplastik. Reaksi asam asetat menjadi terminator.

Campuran bahan berbentuk gel transparan berwarna yang dihasilkan kemudian didinginkan dan dituangkan pada pencetak. Campuran pada cetakan kemudian dikeringkan. Tahap ini menghasilkan lembaran plastik berwarna putih transparan berukuran 20x30 cm.

Tabel 4.1. Sifat Mekanik Bioplastik

Pengujian	Hasil
Ketebalan	0,084 mm
Elongasi	1,62 %
Kuat Tarik	33,76 Mpa

Sumber: dari data primer

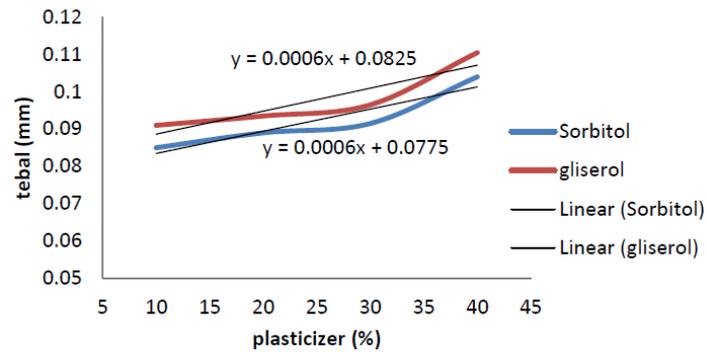
Tabel 4.1. menunjukkan bahwa nilai tebal, elongasi dan kuat tarik bioplastik. Ketebalan merupakan salah satu parameter penting yang dapat mempengaruhi penggunaan bioplastik terhadap produk yang dikemasnya. Ketebalan mempengaruhi transmisi uap, kuat tarik, dan elongasi bioplastik (Sari, 2016). Ketebalan akan berpengaruh terhadap kuat tarik dan elongasi yang dihasilkan.

Nilai kuat tarik yang diperoleh dari bioplastik adalah 33,76 Mpa. Standar kuat tarik untuk plastik *biodegradable* Mater Bi adalah 20-50 MPa. Menurut SNI 7818:2014 tentang kantong plastik mudah terurai standar kuat tarik adalah minimal 13,7Mpa. Jika dilihat dari nilai kuat tarik yang dihasilkan, maka bioplastik yang dihasilkan sudah memenuhi standar bioplastik yang ditetapkan oleh Mater Bi maupun SNI.

Berdasarkan Tabel 4.1. elongasi yang dihasilkan sebesar 1,62 %. Standar elongasi bioplastik Mater Bi adalah 200-600% dan standar SNI 7818:2014 adalah 400-1120% maka elongasi bioplastik yang dihasilkan belum memenuhi standar tersebut.

3.3 Pembuatan Bioplastik dengan Sorbitol dan Gliserol

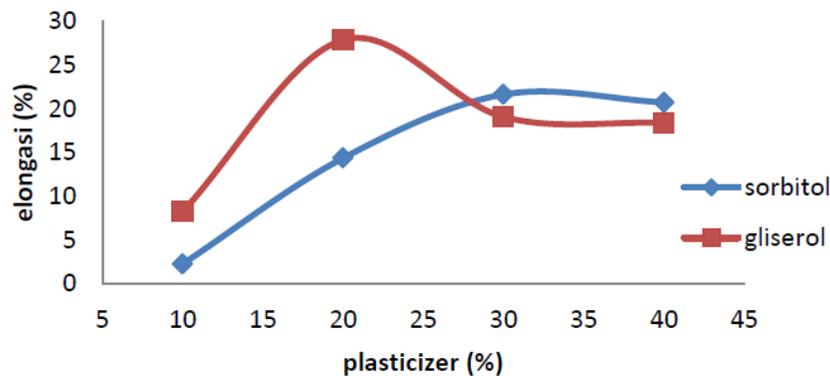
Penggunaan sorbitol dan gliserol dalam penelitian ini digunakan sebagai pemlastis yaitu menambah sifat elastis pada bioplastik. Pemlastis juga berfungsi sebagai *crosslinking* antar molekul pati. Campuran ini kemudian diaduk selama 30 menit pada suhu 80°C dan dituangkan pada pencetak. Campuran pada cetakan kemudian dikeringkan. Hasilnya adalah lembaran plastik berwarna putih transparan berukuran 20x30 cm.



Gambar 4.2. Grafik Ketebalan Bioplastik dengan Penambahan Sorbitol dan Gliserol.

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa penambahan sorbitol dan gliserol tidak berpengaruh besar terhadap ketebalan bioplastik yang dihasilkan. Ketebalan bioplastik dipengaruhi oleh banyaknya total padatan dalam larutan dan ukuran cetakan. Semakin banyak total padatan dalam larutan maka semakin tebal bioplastik yang dihasilkan dalam cetakan yang sama (Apriyani, 2014).

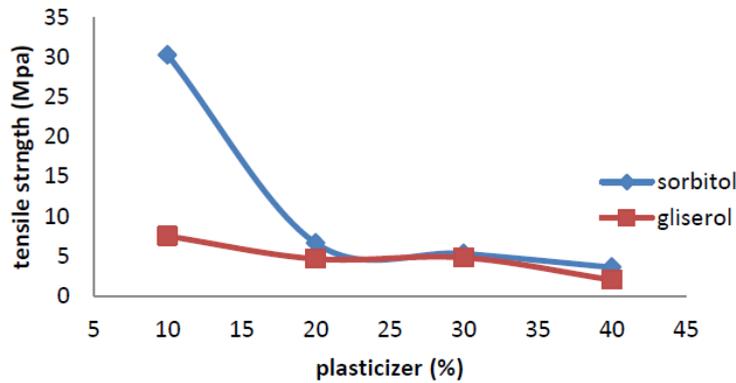
Berdasarkan persamaan garis pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai kemiringan garis kurang dari satu sehingga dapat diketahui secara kuantitas bahwa penambahan sorbitol tidak berpengaruh signifikan terhadap ketebalan bioplastik. Bioplastik dengan penambahan gliserol memiliki ketebalan lebih besar dari pada bioplastik dengan sorbitol. Hal ini dapat dilihat dari nilai intersep yang ada pada persamaan garis pada gambar 4.2.



Gambar 4.3. Grafik Elongasi Bioplastik dengan Penambahan Sorbitol dan Gliserol

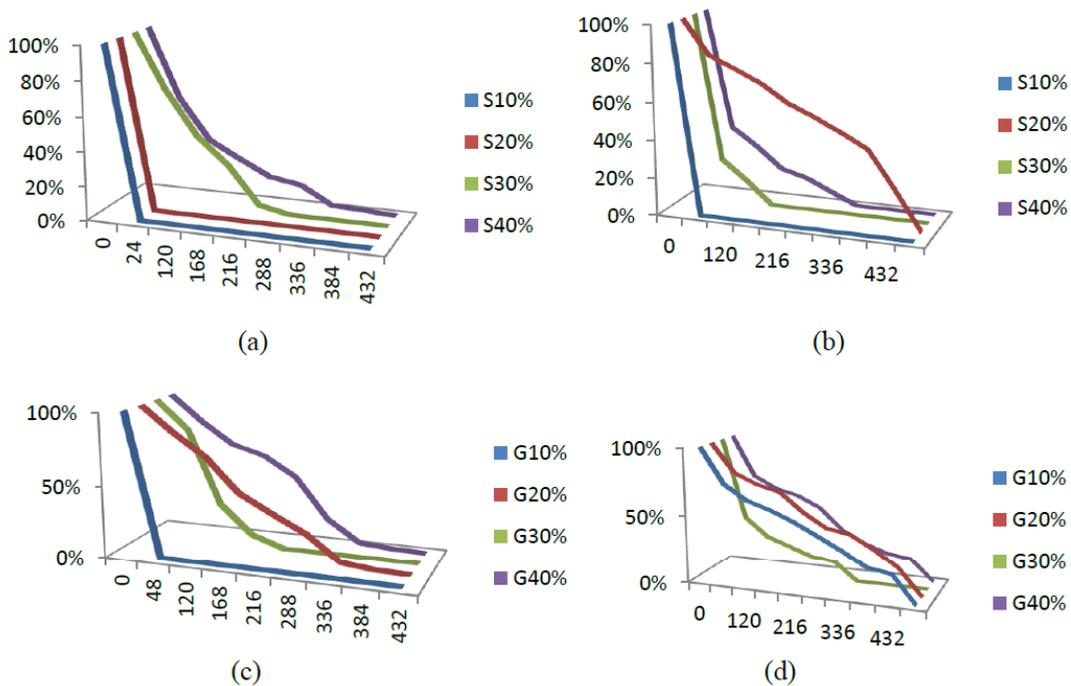
Gambar 4.3 menunjukkan nilai elongasi bioplastik semakin naik seiring bertambahnya jumlah sorbitol dan gliserol namun turun setelah mencapai titik kritisnya. Menurut Wirawan dkk (2012) dalam Apriyani (2014) semakin banyak konsentrasi sorbitol dan gliserol yang diberikan maka semakin meningkat nilai elongasi bioplastik yang dihasilkan. Namun pada penelitian ini tidak terjadi demikian. Hal tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh campuran yang kurang homogen, sehingga ikatan antara polisakarida yang diputus oleh sorbitol tidak merata. Interaksi ini terjadi karena sorbitol dan gliserol menyisip dan menghilangkan ikatan hidrogen diantara molekul polisakarida sehingga ikatan antar molekul bioplastik semakin melemah (Bourtoom,2008 dalam Apriyani, 2014).

Kuat tarik bioplastik disajikan dalam Gambar 4.4. Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai kuat tarik cenderung menurun seiring dengan penambahan sorbitol dan gliserol. Penurunan kuat tarik dipengaruhi oleh penambahan *plasticizer*. Hal ini dikarenakan *plasticizer* mempunyai kemampuan menurunkan ikatan glikolistik antar polimer sehingga menyebabkan bioplastik yang terbentuk tidak kaku dan lebih fleksibel (Wirawan dkk, 2012 dalam Apriyani, 2014).



Gambar 4.4. Grafik Kuat Tarik Bioplastik dengan Penambahan Sorbitol dan Gliserol

3.4 Uji Degradasi

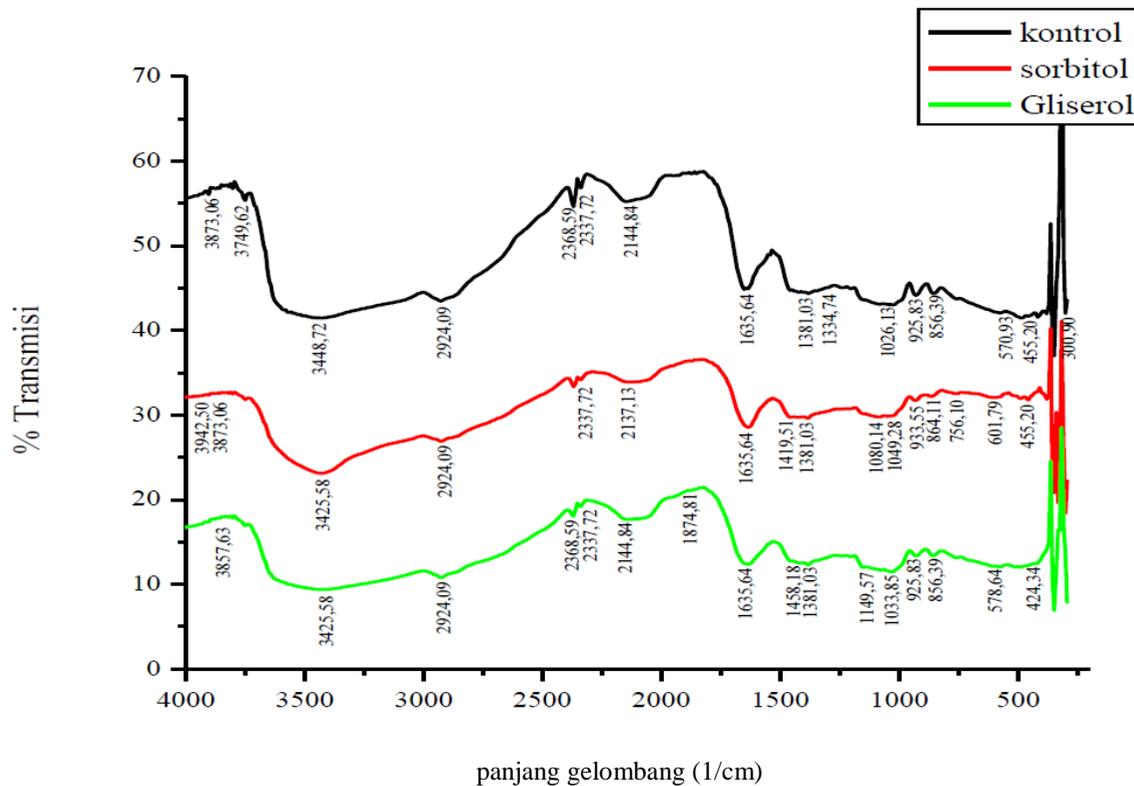


Gambar 4.5. Grafik Uji Degradasi Bioplastik dengan Penambahan Sorbitol dalam Tanah (a) dan dalam Kompos (b), Penambahan Gliserol dalam Tanah (c) dalam Kompos (d)

Gambar 4.5 menunjukkan penurunan massa seiring dengan lamanya waktu degradasi. Tampak bahwa penambahan sorbitol tidak secara langsung mempercepat laju degradasi. Kecepatan degradasi yang terjadi naik turun atau tidak stabil. Banyak faktor yang mempengaruhi hasil pengujian degradasi diantaranya proses produksi, struktur polimer, berat molekul bahan bioplastik (Firdaus, 2008). Faktor lain yang mempengaruhi hasil degradasi adalah kondisi lingkungan

(Griffin, 1994). Salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi degradasi bioplastik adalah kelembaban media uji. Menurut Sari (2007) kelembaban media uji sangat berpengaruh terhadap proses degradasi karena akan mempermudah mikroba dalam mengonsumsi plastik sebagai sumber makanan.

3.5 Analisis FTIR



Gambar 4.6. Spektra FTIR Bioplastik kontrol, bioplastik variasi sorbitol, dan bioplastik variasi gliserol

Gambar 4.6. menunjukkan perbandingan spektra FTIR bioplastik control (tanpa sorbitol dan gliserol), bioplastik variasi sorbitol, dan bioplastik variasi gliserol. Dari masing-masing spektrum memiliki pola serapan yang sama hanya terjadi pergeseran bilangan gelombang. Pada bioplastik dengan penambahan sorbitol dan gliserol serapan OH yang terjadi lebih tajam dibandingkan dengan serapan pada bioplastik tanpa penambahan sorbitol dan gliserol. Hal ini dimungkinkan akibat perbedaan kandungan H₂O yang masih terdapat dalam masing-masing bioplastik (Maghfiroh, 2015, 2015) Berdasarkan penjelasan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa penambahan sorbitol tidak terlalu berpengaruh.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengaruh Sorbitol terhadap degradasi pati singkong dalam media tanah dan kompos sebagai berikut:
 - a. Degradasi terbaik dalam tanah pada variasi 30%, pada konsentrasi tersebut bioplastik yang dihasilkan paling homogen.

- b. Pada media kompos, degradasi yang paling baik pada variasi 20%. Hal ini dipengaruhi oleh adanya faktor-faktor lainnya yang berasal dari luar (kondisi lingkungan) saat proses degradasi.
2. Pengaruh Gliserol terhadap degradasi pati singkong dalam media tanah dan kompos sebagai berikut:
 - a. Degradasi terbaik dalam tanah dan kompos pada variasi 20% dimana pada konsentrasi tersebut bioplastik yang dihasilkan paling homogen.
 - b. Penambahan gliserol mempengaruhi proses degradasi bioplastik pada kedua media dengan didukung oleh homogenitas bahan maupun faktor lingkungan dari kedua media yang digunakan.
 3. Berdasarkan waktu degradasi dan ketebalan bioplastik penambahan gliserol lebih baik dibandingkan dengan penambahan sorbitol.

Daftar Pustaka

- Apriyani, Merry. Sintesis dan Karakterisasi Plastik *Biodegradable* dari Pati Ongkok Singkong dan Ekstrak Lidah Buaya (*Aloe vera*) dengan Plasticizer Gliserol. *Skripsi* Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. **2014**.
- Firdaus, F. Sintesis Film Kemasan Ramah Lingkungan dari Pati, Asam Polilaktat dan Kitosan dengan Pemplastik Gliserol. *Tesis*. Program Pasca Sarjana. Universitas Gajah Mada. **2008**.
- Giffin, Jill. Degradation of Polymers. 1994. *Academic Press*: London.
- Harahap, Ali Priadi. Pelapisan Melon Menggunakan Film Edible dari Pati Ubi Kayu dengan Penambahan Sorbitol sebagai Pemplastis. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. **2009**.
- Hidayat, Muhammad Khoirul., Latifah., Sri Mantini Rahayu Sedyawati. Penggunaan *Carboxy Methyl Cellulose* dan Gliserol pada Pembuatan Plastik *Biodegradable* Pati Gembili. *Jurnal of Chemical Science*. **2013**. 2 (3), ISSN. 2252-6951.
- Kolybaba, M, Tabil dkk. *Biodegradable Polymers : Past, Present, and Future*. *Departement of Agricultural and Bioresource Engineering*. **2003**. University of Saskatchewan: Canada.
- Lazuardi, dkk. Pembuatan dan Karakteristik Bioplastik Berbahan Dasar Kitosan dan Pati Singkong dengan Plasticizer Gliserol. *jurnal of chemistry*. **2013**. vol.2 no.3
- Maghfiroh, Laelatun. Sintesis dan Karakterisasi Plastik *Biodegradable* dengan Bahan Dasar Pati Ongkok Singkong-Pektin Kulit Jeruk Bali (*Citrus maxima*)- Plasticizer Sorbitol. *Skripsi*. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. **2015**.
- Ma, X, Chang, P.R, Yang, J., & Yu, J. Preparation and properties of glycerol plasticized-pea starch/zinc oxide bionanocomposite. *Carbohydrate polymers*. **2009**. 75, 472-478.
- Sari, Eka. Studi Biodegradasi Poli Hidroksi Butirat pada Medium Cair dan Padat. *Tesis*. Program Pasca Sarjana. Universitas Gajah Mada Yogyakarta. **2007**

Sari, Layung. Pengaruh Temperatur Pengadukan Terhadap Karakteristik Plastik *Biodegradable* dari Umbi Suweg (*Amorphophallus campanulatus*) dengan Penambahan Gliserol dan CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*).*Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. **2016**.

Stevens, E.S. Green Plastic: An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastic. New Jersey : *University Press*. **2002**.