



PENGARUH PENAMBAHAN JENIS DAN KONSENTRASI PLASTICIZER TERHADAP KUALITAS BIOPLASTIK BERBASIS SELULOSA DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

Cindy Andahera*, Isni Sholikhah, Deah Ayu Islamiati, Memik Dian Pusfitasari

*Program Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknologi Industri dan Proses,
Institut Teknologi Kalimantan*

*Corresponding author: memik.pusfitasari@itk.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received
03 November 2018
Accepted
30 July 2019
Available online
30 July 2019

Keywords:

Bioplastic, Cellulose,
Plasticizer

ABSTRACT

Plastic is a material that commonly used in daily activities. The increasing of using plastic can increase the amount of plastic waste that can give a negative impact on environment. One effort to solve the problem is by replacing plastic material with a material that convenient degraded by soil, that's called bioplastic. Bioplastic has a biodegradable characteristic and it is 67% compostable. One of the raw material to producing bioplastic is cellulose. Cellulose can be found in non-food plants such as woods, because most of them contain 40-45% cellulose. Oil palm is the one of the plants which is the cellulose taken by utilize oil palm empty fruit bunch. On the other hand, plasticizer must be added for producing bioplastic to make plastic has elastic characteristic. Sorbitol, Glycerol, Oleic Acid are types of plasticizer. In this research, bioplastic is producing by using solution casting method by addition of plasticizer. With these methods indicates that by using sorbitol as plasticizer is more suitable than glycerol and oleic acid. By using 30% v/v sorbitol can get the optimum quality of bioplastic with 58,7% mass reduction using degradation-analysis during 4 days, and maximum attraction which can be detained is 6,27 kPa

© 2019 IJoPAC. All rights reserved

1. Pendahuluan

Dewasa ini, kehadiran plastik tak bisa dielakkan dalam berbagai kegiatan manusia, misalnya sebagai pembungkus makanan, alat tulis, peralatan rumah tangga, dan masih banyak lagi. Plastik yang saat ini digunakan pun merupakan plastik berbahan dasar minyak bumi (*petroleum based*) yang sulit terdegradasi (membutuhkan waktu 100 – 500 tahun agar dapat terurai secara sempurna)^[1]. Berdasarkan Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, produksi sampah di Indonesia hingga akhir tahun 2019 diperkirakan mencapai 67 juta ton dimana 15 % diantaranya adalah sampah plastik. Hal inilah yang menjadikan Indonesia berada di peringkat kedua dunia sebagai penyumbang sampah terbesar di dunia^[2].

Namun sayangnya, produksi sampah plastik yang terus meningkat belum diimbangi dengan pengolahan yang cepat dan tepat sehingga jumlah sampah plastik yang ada di bumi semakin

bertambah. Berbagai upaya telah dilakukan oleh berbagai pihak sebagai upaya mengolah dan mengurangi sampah plastik, diantaranya kampanye dan penerapan sistem 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) dan diet plastik. Dari pihak pemerintah, kebijakan untuk menekan angka sampah plastik turut dilakukan, seperti dilakukan oleh pemerintah kota Balikpapan lewat Perwali No. 8 Tahun 2018 tentang Pengurangan Penggunaan Kantong Plastik dan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI juga mengeluarkan Instruksi Menristekdikti No 1 tahun 2019 tentang Larangan Penggunaan Kemasan Air Minum Berbahan Plastik Sekali Pakai dan/atau Kantong Plastik di Lingkungan Kementerian Ristekdikti. Namun upaya-upaya tersebut belum maksimal dalam mengurangi jumlah sampah plastik.

Upaya lain yang sedang dikembangkan adalah dengan mengganti bahan dasar plastik menjadi bahan yang berasal dari alam sehingga dapat menciptakan plastik yang mudah terdegradasi atau dikenal dengan bioplastik. Bioplastik memiliki sifat *biodegradable* dan dapat terurai hingga 67% dalam waktu 2 - 3 minggu pada media *sludge* aktif pengolahan air limbah^[3], bioplastik diharapkan dapat menggantikan plastik berbahan petrokimia karena sifatnya yang mudah terurai. Bioplastik dapat dibuat dari pati, selulosa dan kitosan karena ketersediaannya yang melimpah^[4]. Selulosa lebih efektif untuk digunakan sebagai bioplastik dibandingkan dengan pati, karena pemanfaatan pati sebagian besar dalam bidang pangan sehingga untuk pembuatan bioplastik berbahan dasar pati nantinya justru akan bersaing dengan bidang pangan^[5]. Sedangkan selulosa banyak ditemui di dalam tumbuhan non pangan seperti kayu-kayuan karena sebagian besar spesies kayu didalamnya ditemukan selulosa sebanyak 40-45 %^[6].

Kelapa sawit merupakan contoh tanaman non pangan yang mengandung selulosa, dimana Kalimantan Timur merupakan salah satu penghasil kelapa sawit terbesar di Indonesia dengan produksi kelapa sawit sebesar 2.966.400 ton pada tahun 2018 berdasarkan data BPS. Dari produksi kelapa sawit yang melimpah ini menjadi potensi bahan dasar bioplastik berbasis selulosa. Dari satu ton buah segar (TBS) akan dihasilkan TKKS sebanyak 23% atau sebanyak 230 kg TKKS dan selama ini TKKS baru dimanfaatkan sebagai pupuk organik, bahan baku pembuatan kertas, briket, dan umumnya baru sampai pada pemanfaatan serat sebagai bahan pengisi suatu medium^{[6][7]}. TKKS memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin berturut-turut adalah 45,85%, 22,84%, dan 16,49%^[8]. Dengan kandungan selulosa yang cukup tinggi tersebut, tanaman kelapa sawit memiliki potensi yang besar menjadi bahan dasar bioplastik.

Di sisi lain, Plastik pada umumnya harus memiliki sifat elastis, sehingga dalam pembuatan bioplastik perlu ditambahkan bahan yang menciptakan sifat elastis pada plastik atau dikenal dengan *plasticizer*^[9]. Isroi *et al.* (2017) telah melakukan penelitian mengenai bioplastik berbasis selulosa dari tandan kosong kelapa sawit dengan penambahan pati sebagai *matrix* menggunakan *plasticizer* jenis gliserol. Beberapa *plasticizer* seperti sorbitol dan asam oleat juga telah digunakan dalam pembuatan bioplastik berbahan selulosa namun belum dicoba pada pengembangan bioplastik dari TKKS. Selain itu, sorbitol dan asam oleat juga merupakan bahan yang aman jika dikonsumsi. Dengan pertimbangan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh dari jenis *plasticizer* dengan konsentrasi tertentu terhadap kualitas bioplastik berbasis selulosa dari tandan kosong kelapa sawit agar diperoleh jenis *plasticizer* dan konsentrasi yang optimum untuk membuat bioplastik berbahan selulosa

2. Metode

2.1 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini, alat-alat yang digunakan yaitu gelas piala 250 mL dan 600 mL, *petri dish*, *magnetic stirrer*, *hot plate stirrer*, batang pengaduk, spatula laboratorium, gelas ukur, pipet ukur, piper filler, termometer, kertas saring, seperangkat alat vakum *Buchner*, oven, dan neraca analitis. Bahan-

bahan yang digunakan yaitu TKKS, pati (tepung kanji), akuades, sorbitol merek Himedia, gliserol merek Himedia, asam oleat (teknis), natrium hidroksida (NaOH) merk Merck, hidrogen peroksida (H_2O_2) merk Merck, dan asam asetat (CH_3COOH).

2.2. Prosedur Penelitian

Proses pembuatan bioplastik dari selulosa terdiri dari dua tahap, yaitu : (1) Isolasi Selulosa dari TKKS dan (2) pembuatan bioplastik yang merujuk pada jurnal Dewanti, 2018. Proses isolasi selulosa diawali dengan mencuci dan mengeringkan serabut TKKS kemudian memotongnya menjadi ukuran 2-3 cm. Selanjutnya, serabut TKKS di delignifikasi selama 3 jam dengan suhu $70-80^\circ\text{C}$ dalam larutan NaOH 12 % (b/v). Setelah itu, dilakukan penyaringan dan pencucian hingga pH netral. Proses lanjutan dari isolasi selulosa ini adalah proses *bleaching* dengan menggunakan larutan H_2O_2 10 % (b/v) selama 1,5 jam pada suhu $70-80^\circ\text{C}$. Setelah *bleaching* selesai, TKKS dicuci bersih lalu dikeringkan dalam oven. Pembuatan bioplastik diawali dengan merendam selulosa dalam asam asetat 10% (v/v) selama 2 jam pada suhu $60-90^\circ\text{C}$. Proses ini bertujuan memodifikasi selulosa agar seratnya menjadi halus dan berwarna bening. Setelah itu selulosa difiltrasi dan dicuci hingga bersih lalu dikeringkan dalam oven. Selanjutnya pati dan selulosa kering dibuat dengan perbandingan massa pati dengan selulosa kering (1,5 : 1). *Plasticizer* ditambahkan sesuai jenis dan konsentrasinya, yaitu gliserol 10%, 30%, dan 50%, asam oleat 10%, 30% dan 50%, dan sorbitol 10%, 30% dan 50%, ke dalam larutan pati dan selulosa. Larutan ini lalu diaduk dan dipanaskan selama 10-15 menit dengan suhu 180°C hingga mengental dan berwarna bening. Larutan bioplastik ini kemudian dicetak di cawan petri dan dikeringkan dalam oven hingga terbentuk lembaran bioplastik.

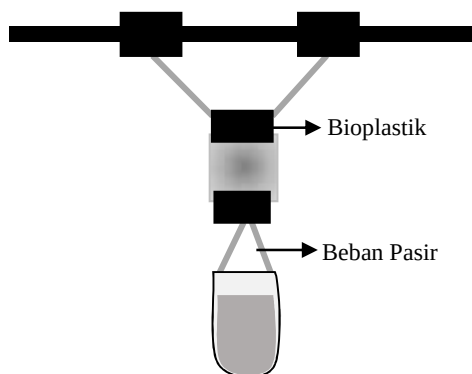
Karakterisasi dilakukan dengan beberapa cara, (1) identifikasi gugus fungsi (2) uji kuat tarik dan (3) uji degradasi.

2.2.1 Identifikasi Gugus Fungsi

Identifikasi ini dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam bioplastik menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) tipe Perkin Elmer Spectrum Version 10

2.2.2 Uji Kuat Tarik

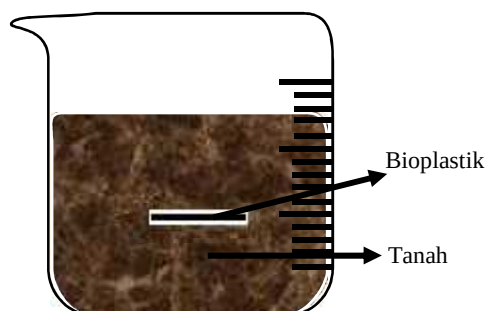
Uji ini dilakukan dengan menggunakan alat untuk menjepit bioplastik pada bagian atas dan bawahnya. Dimana pada bagian atas bioplastik dijepit dan digantungkan pada sebuah meja yang tinggi kemudian dibagian bawah bioplastik dijepit dan diberi beban berupa pasir. Penambahan massa pasir dilakukan setiap 1 menit dengan berat 40 gram. Untuk skema alat pengujian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Alat Uji Kuat Tarik

2.2.3 Uji Degradasi

Uji ketiga yang dilakukan adalah uji degradasi dalam media tanah yang bersifat Uji degradasi dilakukan selama 4 hari dengan menggunakan media tanah gembur dengan kisaran pH 6-7. Skema uji degradasi yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Alat Uji Degradasi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Selulosa

Selulosa dapat diperoleh melalui dua tahapan yaitu delignifikasi dan *bleaching*. Pada proses delignifikasi, larutan yang digunakan adalah larutan NaOH dengan konsentrasi 12 % (b/v) dan pada proses *bleaching*, larutan yang digunakan adalah larutan H₂O₂ dengan konsentrasi 10 % (b/v). Proses delignifikasi dan *bleaching* dilakukan berulang sebanyak 2 kali dengan tujuan agar hasil selulosa yang diperoleh lebih maksimal. Dari dua kali proses delignifikasi dan *bleaching* diperoleh selulosa sebanyak 4,17 gram dari bahan dasar TKKS sebanyak 10 gram atau sebesar 41,7 % selulosa dari TKKS. Selulosa yang dihasilkan berwarna putih kekuningan dan seratnya halus (Gambar 1). Berdasarkan analisis gugus fungsi (Gambar 3) dapat diketahui bahwa selulosa yang dihasilkan masih mengandung lignin yang ditunjukkan oleh masih adanya puncak pada bilangan gelombang 1600-1700 cm⁻¹ [10] dan 890-110 cm⁻¹ [11] yang merupakan gugus -OH dan C-O-C pada lignin meskipun puncak yang dihasilkan lebih landai. Sedangkan gugus fungsi yang dimiliki oleh hemiselulosa tidak nampak pada spectrum IR yang dihasilkan.



Gambar 3. Selulosa dari TKKS

3.2 Karakteristik Bioplastik

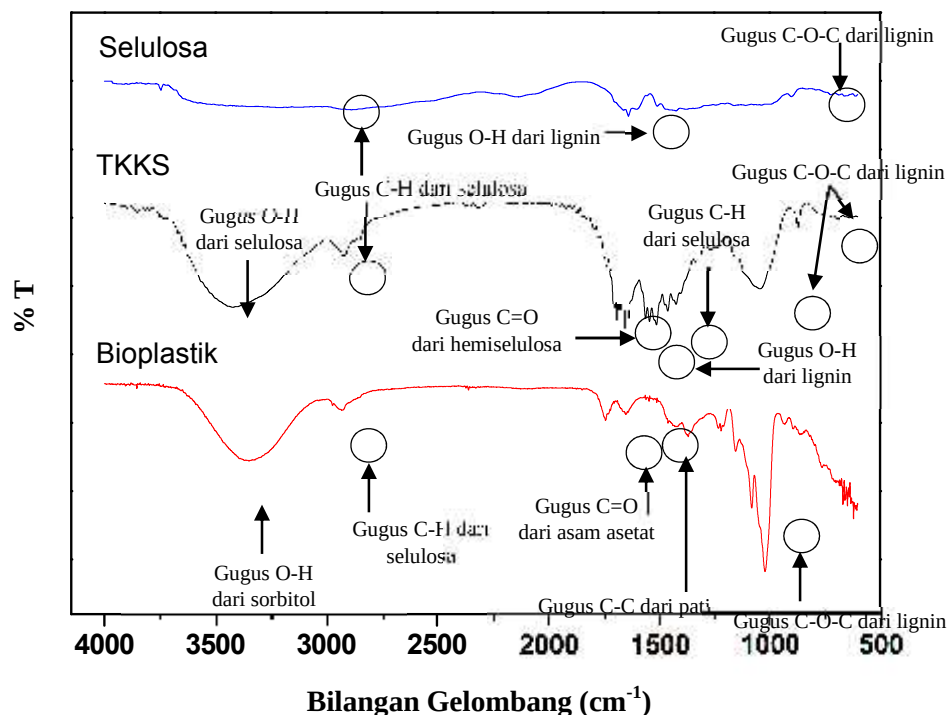
Bioplastik berhasil dibuat dengan menggunakan metode *solution casting*. Dimana selulosa yang digunakan terlebih dahulu dimodifikasi permukaannya dengan menggunakan asam asetat menjadi selulosa asetat. Tujuan dari modifikasi selulosa ini yaitu membuat selulosa menjadi mudah kering, tidak mudah berkerut, dan memiliki stabilitas yang tinggi (Carolina, 2010). Bioplastik dibuat dengan mencampurkan larutan pati dan selulosa asetat dengan perbandingan massa pati dengan selulosa (1,5 : 1) lalu ditambahkan *plasticizer* (sorbitol, gliserol, dan asam oleat) sesuai variabel. Larutan diaduk dan dipanaskan selama 10-15 menit dengan suhu 180 °C agar larutan menjadi homogen. Pati digunakan sebagai *matrix* atau pengikat selulosa didalam bioplastik karena selulosa memiliki sifat tidak larut dalam air sehingga diperlukan suatu bahan pengikat. Larutan bioplastik yang telah diaduk dan dipanaskan kemudian dicetak dan dikeringkan dalam oven pada suhu 80 °C. Metode *solution casting* ternyata kurang tepat untuk membuat bioplastik dengan penggunaan gliserol dan asam oleat sebagai *plasticizer*. Bioplastik dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer* sulit mengering, basah dan lengket, sedangkan bioplastik dengan penambahan asam oleat sebagai *plasticizer* bersifat keras, kaku, dan berminyak. Adapun bioplastik selulosa dengan penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* dengan berbagai variasi konsentrasi ditunjukkan pada Gambar 4. Secara umum karakteristik bioplastik yang dihasilkan akan semakin lentur seiring dengan semakin besarnya konsentrasi sorbitol yang diberikan, namun homogenitas bioplastik terbaik diperoleh dengan penambahan sorbitol 30 %.



Gambar 4. (a) Bioplastik dengan Sorbitol 10% (b) Bioplastik dengan Sorbitol 30%
(c) Bioplastik dengan Sorbitol 50%

Kemudian analisis dengan FTIR dilakukan untuk memastikan struktur molekul melalui gugus fungsi dari bioplastik. Dari Gambar 5, diketahui bahwa terdapat puncak-puncak dari selulosa/asam asetat/sorbitol/pati pada bioplastik yang dihasilkan. Puncak pada bilangan gelombang 3421,41 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus hidroksil (O-H) dan pada bilangan gelombang 2922,47 cm^{-1} , 2929,99 cm^{-1} , dan 1339,69 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-H dari selulosa ^{[12][13]}. Gugus fungsional C-H ialah kerangka selulosa tampak pada bilangan gelombang 2800 – 3000 cm^{-1} ^[14]. Puncak pada bilangan gelombang 3347,56 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus hidroksil (O-H) dari sorbitol. Sorbitol memiliki puncak serapan di bilangan gelombang 3373 cm^{-1} ^[15]. Gugus karbonil C=O terbaca pada bilangan gelombang 1734,64 cm^{-1} yang menunjukkan kehadiran hemiselulosa, pada bilangan gelombang 1742,53 cm^{-1} terdapat gugus fungsi C=O ^[11]. Pada serapan 1739,19 cm^{-1} terdapat gugus C=O dari asam asetat yang menunjukkan bahwa selulosa telah diasetilasi ^[16]. Bilangan gelombang 1647,06 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-C dari pati, spektra khas pati muncul pada bilangan gelombang 1649 cm^{-1} yang mengindikasikan ikatan C-C ^[17]. Bilangan gelombang 1635,5 cm^{-1} dan 1558,54 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus O-H dari lignin dan pada bilangan gelombang 1079,06 cm^{-1}

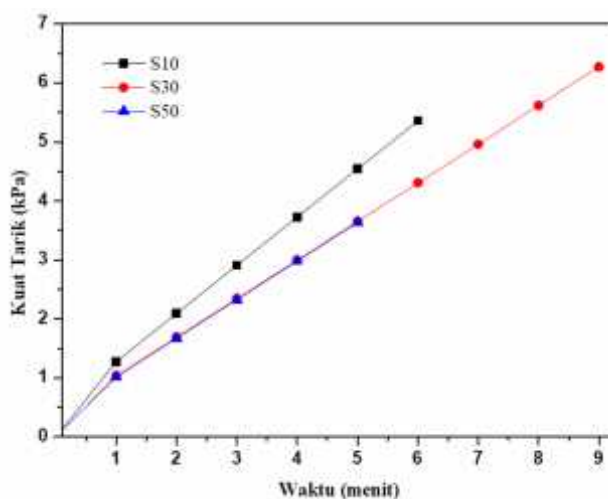
¹, 1041,54 cm⁻¹, 1019,19 cm⁻¹, 899,85 cm⁻¹ dan 876,64 cm⁻¹ terdapat gugus C-O-C yang menunjukkan adanya lignin ^{[11][18]}.



Gambar 5. Spektrum IR dari Selulosa, TKKS, dan Bioplastik

3.3 Uji Kuat Tarik (Tensile Strength)

Selain menganalisis gugus fungsi yang terdapat di dalam bioplastik, pengujian juga dilakukan untuk mengetahui sifat dari bioplastik berbahan selulosa yang telah dibuat. Bioplastik yang telah dibuat diharapkan dapat menjadi alternatif pengganti plastik bungkus makanan, sehingga terdapat beberapa uji yang perlu dilakukan, salah satunya adalah uji kuat tarik dan uji degradasi. Uji pertama adalah uji kuat tarik (*tensile strength*) yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan bioplastik dalam menahan berat beban dari hasil uji kuat tarik ini diperoleh bahwa bioplastik yang memiliki kuat tarik maksimum yang besar adalah bioplastik dengan sorbitol 30 % mampu menahan tarikan sebesar 6,27 kPa. Gambar 6 merupakan hasil uji kuat tarik bioplastik.



Gambar 6. Hasil Uji Kuat Tarik Bioplastik

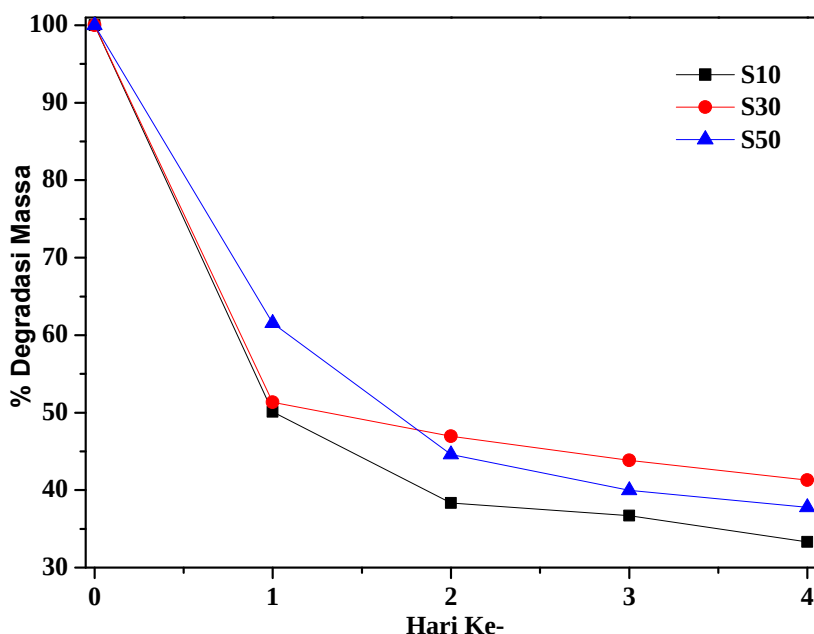
Apabila dilihat secara visual pada Gambar 4 dan grafik pada Gambar 6, maka dapat dilihat bahwa bioplastik dengan penambahan sorbitol 30% lebih elastis dan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan penambahan plasticizer 10% dan 50%.

3.4 Uji Degradasi Massa

Dari hasil degradasi diperoleh persentase degradasi massa bioplastik yang dihitung berdasarkan persamaan (1),

$$\% \text{ Degradasi Massa} = \frac{\text{massa awal} - \text{massa yang terdegradasi}}{\text{massa awal}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Diperoleh hasil terbesar hingga terkecil secara berturut-turut yaitu persentase degradasi massa bioplastik dengan sorbitol 10 % sebesar 67,7 %, persentase degradasi massa bioplastik dengan sorbitol 50 % sebesar 59,2 %, dan persentase degradasi massa bioplastik dengan sorbitol 30 % sebesar 58,7 %. Dari karakterisasi FTIR diketahui bahwa terdapat gugus hidroksida O-H dan ester C=O, adanya gugus tersebut menunjukkan bioplastik dapat terdegradasi di dalam tanah ^{[19][20]}. Pada bioplastik dengan konsentrasi sorbitol 10 % memiliki pengurangan massa yang besar selama degradasi, hal ini dikarenakan kurangnya homogenitas sorbitol dengan selulosa dan pati yang ditunjukkan dengan masih tampaknya serat selulosa di bioplastik seperti pada Gambar 4(a). Berdasarkan hal tersebut, mengakibatkan bioplastik dengan sorbitol 10 % lebih mudah terdegradasi. Bioplastik dengan sorbitol 30 % memiliki nilai pengurangan massa yang paling kecil dibanding dengan bioplastik dengan konsentrasi yang lain, hal ini disebabkan karena homogenitasnya baik sehingga sulit diuraikan komponennya di dalam tanah. Homogenitas yang baik pada bioplastik dengan 30 % sorbitol dapat dilihat pada Gambar 4(b) dimana serat selulosanya sudah tidak tampak secara jelas di bioplastik. Grafik persentase degradasi massa bioplastik dapat dilihat dari Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hubungan % Degradasi Massa dengan Waktu Degradasi Bioplastik

4. Kesimpulan

Selulosa dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat digunakan untuk membuat bioplastik dengan penambahan pati sebagai *matrix* dan sorbitol sebagai *plasticizer* dengan terlebih dahulu memodifikasi selulosa menjadi selulosa asetat. Adapun bioplastik terbaik adalah bioplastik dengan penambahan sorbitol 30 % v/v dengan tarikan maksimum yang dapat ditahan sebesar 6,27 kPa dan persentase degradasi massa pada uji degradasi selama 4 hari sebesar 58,7%.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih diberikan kepada Dirjen Pembelajaran dan Kemahasiswaan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan hibah dana penelitian melalui Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Penelitian Tahun 2019.

Daftar Pustaka

- [1] Wibowo, N. D. 2016. "Bahaya Kemasan Plastik dan Kresek". Tesis. Universitas Jenderal Soedirman : Purwokerto.
- [2] Jambeck, Jenna R., dkk. 2015. "Plastic Waste Inputs from Land Into The Ocean". *Science* 347 (6223), 768-771.
- [3] Puls, J. 2011. "Degradation of Cellulose Acetate-Base Material". *Jpolumenviron*, 152-154.
- [4] Averous, Luc. 2008. "Biodegradable Multiphase System Based on Plasticized Starch". *Journal of Macromolecular Science*.
- [5] Darni, Yuli, Herti Utami, "Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum". *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 7(4), 2010: 88-93.
- [6] Sjostrom, Eero. 1995. "Kimia Kayu, Dasar-Dasar dan Penggunaan". Yogyakarta : UGM Press.
- [7] Wardani, Aditya Putri Kusuma. Dian Widiawati. "Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Material Tekstil dengan Pewarna Alam untuk Produk Kriya". *Jurnal Tingkat Sarjana bidang Senirupa dan Desain*. 2013: 1-2.
- [8] Darnoko. 1992. "Potensi Pemanfaatan Limbah Lignoselulosa Kelapa Sawit Melalui Biokonversi". Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- [9] Wijayanti, Kim Poppy, dkk. 2016. "Bio-Degradeable Bioplastics Sebagai Plastik Ramah Lingkungan". *Department of Chemical and Green Process Engineering* : Surya University.
- [10] Kumar, A., Y. S. Negi, V.Choudhary & N. K.Bhardwaj. 2014. Characterization of Cellulose Nanocrystals Produced by Acid-Hydrolysis from Sugarcane Bagasse as Agro-Waste .*Journal of Materials Physics and Chemistry*.2 (1): 1-8.
- [11] Fan, M., D. Dai & B. Huang. 2012. "Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Natural Fibres.In *Fourier Transform*". *Materials Analysis* : 45-58.
- [12] Fatriasari, W & E. Hermiati. 2016. "Lignocellulosic Biomass for Bioproduct: Its Potency and Technology Development: A Review". *J. Lignocellulose Technology*. 1:1-14.
- [13] Pangau, Jeafert R., Hanny F. Sangiana, Benny M. Lumia. "Karakterisasi Bahan Selulosa Dengan Iradiasi *Pretreatment* Gelombang Mikro Terhadap Serbuk Kayu Cempaka Wasian (*Elmerillia Ovalis*) Di Sulawesi Utara". *Jurnal Mipa UNSRAT Online* 6(1). 2017 : 53-58.
- [14] Pavia, D.L, Gary M.L, George S.K. 2001. "Introduction to Spectroscopy". London (UK): Thomson Learning.

- [15] Kinney, T.J., C.A. Masiello, B. Dugan, W.C. Hockaday, M.R. Dean, K. Zygourakis dan R.T. Barnes. 2017. “*Hydrologic Properties of Biochars Produced at Different Temperatures. Biomass and Bioenergy*”.30: 1-10.
- [16] Tresnawati, Astika. 2006. “Kajian Spektroskopi Inframerah Transformasi *Fourier* dan Mikroskop Susunan Elektron Membran Selulosa Asetat dari Limbah Nanas”. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- [17] Afif, Muhammad, Nanik Wijayati, Sri Mursiti. “Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan *Plasticizer* Sorbitol”. Indonesian Journal of Chemical Science 7 (2). 2018 : 103-109.
- [18] Fatriasari, W., W.Syafii, N. Wistara, K.Syamsul, B.Prasetya. 2016. “*Lignin and Cellulose Changes of Betung Bamboo (Dendrocalamus asper) Pretreated Microwave Heating*”. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. 6(2): 186-195.
- [19] Teo, G; Suzuki, Y; Dejong, TM; Dandekar, AM 2006. “*Silencing Leaf Sorbitol Synthesis Alters Long-Distance Partitioning and Apple Fruit Quality*”. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103 (49): 18842–7.
- [20] Weiping, Ban et al. 2005. “*Improving The Physical and Chemical Functionally of Starch – Derived Films With Biopolymers. Journal of Applied Polymer Science*”. 2006, Vol. 100. United States.