
PEMANFAATAN LIMBAH TONGKOL JAGUNG MANIS (*ZEA MAYS L SACCHARATA*) SEBAGAI BAHAN BIOPLASTIK DENGAN PENAMBAHAN ZnO DAN GLISEROL

Cici Tri Kurniawati¹⁾, Joko Sutrisno²⁾, Djoko Adi Walujo³⁾, Budi Prijo Sembodo⁴⁾

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

³⁾Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

⁴⁾Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

Email: jsutrisno@unipasby.ac.id

Abstrak

Bioplastik adalah plastik atau polimer yang secara alamiah dapat dengan mudah terdegradasi baik terurai oleh mikroorganisme sehingga dapat menjadi alternatif pengganti plastik komersial. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah tongkol jagung manis (*Zea Mays L Saccharata*) sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik dengan penambahan variasi penguat ZnO dan gliserol sebagai *plasticizer*. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu preparasi bahan, pembuatan *pulp*, pembuatan bioplastik dengan variasi konsentrasi ZnO (3%, 6%, 9%) dan gliserol (25%, 30%, 35%), serta karakteristik bioplastik. Bioplastik yang dihasilkan dari berbagai perbandingan ZnO dan gliserol memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Analisis gugus fungsi, tidak ditemukan adanya gugus fungsi baru dalam bioplastik dibandingkan terhadap gugus fungsi yang ada pada bahan pembentuknya. Hasil analisis sifat mekanik bioplastik menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi ZnO maka nilai kuat tarik bioplastik akan meningkat sedangkan nilai elongasi bioplastik akan menurun. Semakin besar konsentrasi gliserol maka nilai elongasi bioplastik akan meningkat sedangkan nilai kuat tarik bioplastik akan menurun. Bioplastik dengan konsentrasi 35% gliserol mempunyai tingkat presentase penurunan degradabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi gliserol 25% dan 30%. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa komposisi paling baik untuk pembuatan bioplastik berbahan dasar limbah tongkol jagung manis dengan penambahan penguat ZnO dan *plasticizer* gliserol adalah 9% ZnO dan 30% gliserol.

Kata Kunci: Bioplastik, Limbah, Polimer

Abstract

*Bioplastics are plastics or polymers that naturally can be easily degraded either decomposed by microorganisms so that they can be an alternative to commercial plastics. This study aims to utilize sweet corn cobs (*Zea Mays L Saccharata*) waste as a basic material for making bioplastics with the addition of variations of ZnO and glycerol as a plasticizer. This research was carried out in several stages, namely material preparation, pulping, making bioplastics with varying concentrations of ZnO (3%, 6%, 9%) and glycerol (25%, 30%, 35%), and the characteristics of bioplastics. Bioplastics produced from various ratios of ZnO and glycerol have different characteristics. Analysis of functional groups, no new functional groups were found in bioplastics compared to the existing functional groups in the constituent materials. The results of the analysis of the mechanical properties of bioplastics show that the greater the concentration of ZnO, the tensile strength of the bioplastic will increase, while the elongation value of the bioplastic will decrease. The greater the concentration of glycerol, the elongation value of the bioplastic will increase while the tensile strength value of the bioplastic will decrease. Bioplastics with a concentration of 35% glycerol have a higher percentage of degradability reduction compared to glycerol concentrations of 25% and 30%. From the results of this study, it can be concluded that the best composition for the manufacture of bioplastic made from sweet corn cobs waste with the addition of ZnO reinforcement and glycerol plasticizer is 9% ZnO and 30% glycerol.*

Keywords: Bioplastic, Waste, Polymer

1. PENDAHULUAN

Sampah plastik tergolong sampah bukan organik yang sangat berbahaya bagi lingkungan karena mempunyai sifat yang sulit terdegradasi. Plastik anorganik membutuhkan 1.000 tahun untuk dapat terurai secara alami di dalam tanah dan 450 tahun untuk dapat terurai di perairan. Oleh karena itu dibutuhkan inovasi dalam teknologi pengolahan sampah plastik seperti daur ulang dan pengembangan bahan plastik baru yang dapat terurai di lingkungan yang lebih dikenal sebagai plastik *biodegradable* (Adiwijaya, 2011).

Bioplastik adalah plastik atau polimer yang secara alamiah dapat dengan mudah terdegradasi baik terurai oleh mikroorganisme maupun dari perubahan cuaca (kelembapan dan radiasi sinar matahari). Berbagai bahan alami, seperti polisakarida (selulosa, pati, kitin), protein (kasein, *whey*, kolagen), dan lemak, telah dapat digunakan sebagai bahan pembuat bioplastik sebagai pengemas makanan (Bourtoom, 2008).

Polimer plastik biodegradabel yang telah diproduksi saat ini adalah kebanyakan dari polimer jenis poliester alifatik seperti Poli (ϵ -kaprolakton) (PCL), Poli (β -hidroksi butirir) (PHB), Poli (butilena suksinat) (PBS), dan Poli asam laktat (PLA). Beberapa polimer ini memiliki sifat fisik dan mekanik yang kurang baik sehingga penggunaannya terbatas (Pranamuda, 2009).

Bahan baku alternatif dalam pembuatan bioplastik dari sektor pangan yaitu mengandung selulosa yang cukup tinggi, salah satu contohnya adalah jagung. Jumlah limbah dari hasil produksi dari sektor pertanian dan

pangan dapat dikatakan sangat melimpah dan menjadi potensial jika dapat dimanfaatkan secara tepat. Menurut penelitian Pratiwi, dkk. (2016), selulosa dari limbah jerami padi dapat digunakan sebagai bahan bioplastik. Buah jagung terdiri dari 30% limbah yang berupa tongkol jagung (Subekti, 2006) dan jika dikonversikan dengan jumlah produksi jagung pada tahun 2008, maka negara Indonesia berpotensi menghasilkan tongkol jagung sebanyak 4.456.215 ton (Fachry, dkk. 2013). Tongkol jagung memiliki kandungan 41% selulosa, 26% hemiselulosa (xilan), dan 6% lignin (Shofianto, 2008). Komposisi kimia tersebut menjadikan tongkol jagung dapat digunakan sebagai sumber bahan baku penghasil bioplastik, bahan pakan ternak dan sebagai sumber karbon bagi pertumbuhan mikroorganisme. Jumlah limbah tongkol jagung juga dapat dikatakan sangat banyak dan berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber selulosa.

Bioplastik dapat terbentuk dengan penambahan bahan aditif *plasticizer* sebagai zat pemlastis. *Plasticizer* adalah senyawa yang memungkinkan plastik yang dihasilkan tidak mudah rapuh dan kaku. Polioliol seperti sorbitol dan gliserol adalah *plasticizer* yang cukup baik untuk mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak intermolekul. Zat pemlastik membuat plastik yang dihasilkan lebih elastis dan tidak kaku (Mc. Hugh, dkk., 1994).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah tongkol jagung manis (*Zea Mays L Saccharata*) sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik

dengan penambahan variasi konsentrasi penguat ZnO dan *plasticizer* gliserol.

2. METODOLOGI

2.1. Bahan

Pada penelitian ini menggunakan bahan sebagai berikut: Serbuk tongkol jagung manis (kering), ZnO, Gliserol, Aquadest, NaOH, NaOCl.

2.2. Metode

2.2.1. Preparasi Bahan Baku

Preparasi diawali dengan tahap pencucian, dilakukan untuk menghilangkan bahan-bahan yang terikat dalam tongkol jagung manis seperti tanah, cangkang dan kotoran lain. Tahap penghancuran, bertujuan untuk memperkecil ukuran tongkol jagung. Alat yang digunakan adalah penggiling bijian. Hasil gilingan dilakukan pengeringan dengan menggunakan sinar matahari langsung, dan dihancurkan kembali dengan alat blender. Tongkol jagung manis yang sudah dihancurkan kemudian diayak menggunakan ayakan 60 mesh.

2.2.2. Pembuatan Pulp (Merisa, dkk, 2014)

Bubuk tongkol jagung manis direndam dengan menggunakan larutan NaOH 10% dengan perbandingan pelarut 1:10 (b/v) kemudian diaduk sampai serbuk tongkol jagung manis terendam sempurna dan perendaman dilakukan selama 24 jam. Setelah itu disaring dengan menggunakan kain saring. Residu yang diperoleh, direndam kembali dengan menggunakan larutan NaOCl 5% selama 3 jam. Kemudian campuran tersebut disaring dan residu yang dihasilkan dicuci dengan aquadest yang telah dididihkan hingga bau hipoklorit hilang. Residu kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu

60°C hingga berat konstan. Setelah kering digiling dengan grinder dan diayak dengan ayakan 60 mesh.

2.2.3. Pembuatan Bioplastik (Khalistyawati, S., 2016)

Mencampurkan 100 ml aquadest dengan bahan tambahan ZnO, dan gliserol dengan variasi konsentrasi yang ditentukan dari berat serbuk tongkol jagung manis sebanyak 5 gram. Selanjutnya ditambahkan 5 gram serbuk tongkol jagung manis dan diaduk serta dipanaskan dengan suhu 70°C-83°C hingga tergelatinisasi (lama waktu gelatinisasi yaitu ± 22 menit). Kemudian ditunggu sejenak hingga gelembung udara pada adonan mengilang dan dicetak pada plat kaca berukuran 10 × 20 cm.

Kemudian dikeringkan dengan sinar matahari selama 5 hari.

2.3. Karakterisasi

Karakterisasi sampel yang akan dilakukan meliputi:

- a. Uji Mekanik, Pada sampel uji yang dihasilkan akan dilakukan pengujian sifat mekanik yang meliputi uji kekuatan tarik (*tensile strength*) dan perpanjangan putus (*elongation*) dengan menggunakan mesin *tensile* merk IMADA.
- b. Uji Gugus Fungsional pada Bioplastik dengan FT-IR, Tensor 27 *Faorier Transform Infra Red* (FT-IR) buatan Shimadzu adalah alat uji kimia-fisik untuk melakukan analisis kualitatif dan kuantitatif terhadap gugus fungsional senyawa organik atau anorganik berdasarkan absorpsinya.

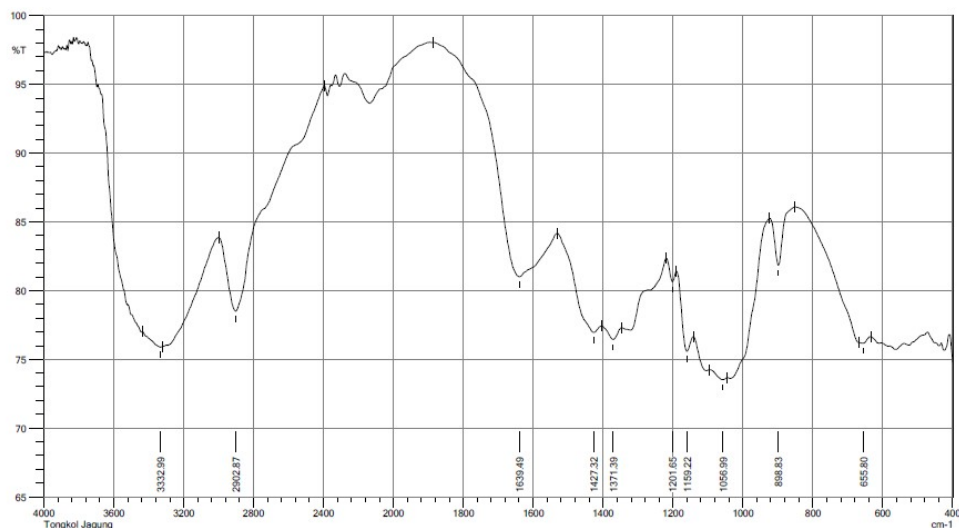
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji *Faorier Transform Infra Red* (FT-IR)

Hasil analisis data gugus fungsi yang terbentuk pada tongkol jagung manis terdelignifikasi dari gambar 1 dan tabel 1

Tabel 1 Gugus Fungsi yang Terbentuk pada Tongkol Jagung Manis Terdelignifikasi

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹) Tongkol Jagung Manis	Gugus Fungsi	Indikasi	Referensi
3332,99	O-H	Selulosa	<i>Encyclopedia of Analytical Chemistry</i> (2000)
2902,87	C-H	Selulosa	Lionetto <i>et al</i> (2015)
1639,49	C=C	Lignin	Robert M., dkk 1981
1427,32	C-H	Selulosa	Lionetto <i>et al</i> (2015)
1201,65	C-O fenolik	Lignin	Robert M., dkk 1981
1159,22	C-O-C	Selulosa	Robert M., dkk 1981
1056,99	Asimetri dan C-O	Selulosa	
898,83	C-H Alkena	Selulosa	



Gambar 1 Hasil Pengujian FT-IR Tongkol Jagung Manis Terdelignifikasi

Spektrofotometer IR dari limbah tongkol jagung manis terdelignifikasi menunjukkan puncak serapan dari beberapa gugus fungsi seperti yang terlihat pada gambar 4.1 dan secara lebih detail tertuang pada tabel 4.3 antara lain: serapan gugus O-H, C-H, C-O-C asimetri dan C-O, dan C-H alkena berada pada bilangan gelombang 3332,99 cm^{-1} , 2902,87 cm^{-1} , 1427,32 cm^{-1} , 1159,22 cm^{-1} , 1056,99 cm^{-1} , dan 898,83 cm^{-1} terindikasi senyawa selulosa. Spektrofotometer IR senyawa selulosa dicirikan oleh serapan pada bilangan gelombang sekitar 3400 cm^{-1}

(ulur O-H), 2800-3000 cm^{-1} (ulur C-H), 100-1100 cm^{-1} (ulur C-O) dan 897 cm^{-1} (ikatan β -glikosida) (Robert M., dkk 1981). Serapan gugus C=C dan C-O fenik berada pada bilangan gelombang 1639,49 cm^{-1} dan 1201,65 cm^{-1} terindikasi senyawa lignin. Dari hasil serapan bilangan gelombang pada tongkol jagung manis terdelignifikasi menunjukkan bahwa proses delignifikasi dapat mengurangi kadar hemiselulosa karena hemiselulosa mudah larut dalam basa (Peng, F, dkk. 2012). Hasil analisis gugus fungsi bioplastik tongkol jagung manis dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Gugus Fungsi yang Terbentuk pada Lapisan Bioplastik

Bilangan Gelombang (cm^{-1})			Gugus Fungsi	Senyawa	Referensi
Z ₁ G ₃	Z ₂ G ₃	Z ₃ G ₃			
3410,11	3431,45	3404,36	O-H	Alkohol & Fenol	
2929,25	2924,60	2931,80	C-H	Alkana	
1642,35	1638,66	1635,64	C=O	Amida	
1412,33	1419,67	-	C=C	Alkena Aromatik	Lionetto <i>et al</i> (2015)
1204,36	-	-			
1154,25	1155,64	1154,25	C-O	Alkohol, Ester, Asam Karbonat, Eter	
1027,18	1024,59	1047,35			
926,38	927,71	927,76			
857,40	859,72	858,32	C-H	Alkena	

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan beberapa gugus fungsi dan senyawa yang terbentuk pada lapisan bioplastik. Dari 9 sampel bioplastik hanya diambil 3 bioplastik saja untuk mewakili yaitu bioplastik dengan variasi ZnO (3%, 6%,

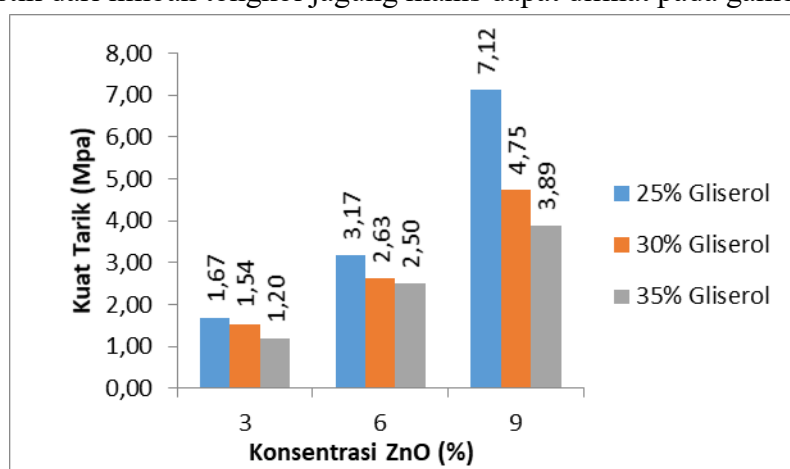
9%) dan gliserol 35%. Sampel ZnO 3%-gliserol 35% (Z₁G₃), ZnO 6%-gliserol 35% (Z₂G₃), dan ZnO 9%-gliserol 35% (Z₃G₃) memiliki gugus fungsi O-H dengan nama senyawa alkohol dan fenol berada pada bilangan gelombang

3410,11 cm^{-1} , 3431,45 cm^{-1} , dan 3404,36 cm^{-1} . Gugus fungsi C-H terindikasi pada bilangan 2924,60 cm^{-1} , 2929,25 cm^{-1} , dan 2931,80 cm^{-1} yang merupakan senyawa alkana yang digunakan sebagai bahan antimikroba. Ikatan rangkap dua dengan gugus fungsi C=O teridentifikasi pada bilangan 1642,35 cm^{-1} , 1638,66 cm^{-1} , dan 1635,64 cm^{-1} yang merupakan senyawa amida (turunan dari asam karboksilat). Ikatan rangkap dua (alkena) C=C terdapat pada bilangan gelombang dan 1412,33 cm^{-1} dan 1419,67 cm^{-1} . Gugus fungsi C-O terdapat pada bilangan gelombang 1204,36 cm^{-1} , 1154,25 cm^{-1} , 1155,64 cm^{-1} , 1027,18 cm^{-1} ,

1, 1024,59 cm^{-1} , dan 1047,35 cm^{-1} terdapat senyawa alkohol, ester, asam karbonat, dan eter. Bilangan gelombang 926,38 cm^{-1} , 927,71 cm^{-1} , 927,76 cm^{-1} , 857,40 cm^{-1} , 859,72 cm^{-1} , dan 858,32 cm^{-1} merupakan senyawa alkena. Dengan demikian gugus fungsi yang terkandung dalam lembaran bioplastik memiliki gabungan gugus fungsi dari komponen penyusunnya (gambar 1), sehingga bioplastik yang dihasilkan memiliki sifat-sifat dari komponen penyusunnya yaitu, kuat, mudah terurai, plastis, dan memiliki aktivitas antimikroba.

1. Uji Kuat Tarik dan Elongasi

Hasil analisis data pengaruh konsentrasi ZnO dan gliserol terhadap kuat tarik bioplastik dari limbah tongkol jagung manis dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Grafik Pengaruh Konsentrasi ZnO dan Gliserol Terhadap Kuat Tarik Bioplastik

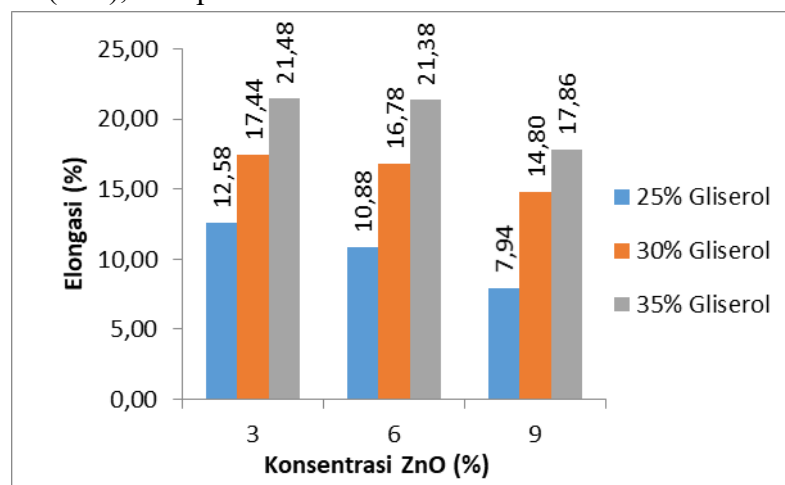
Berdasarkan gambar 2 diketahui bahwa bioplastik dengan kombinasi 9% ZnO dan 25% gliserol memiliki nilai kuat tarik sebesar 7,12 Mpa sedangkan bioplastik dengan kombinasi 3% ZnO dan 25% gliserol, 3% ZnO dan 30% gliserol, 3% ZnO dan 35% gliserol, 6% ZnO dan 25% gliserol, 6% ZnO dan

30% gliserol, 6% ZnO dan 35% gliserol, 9% ZnO dan 30% gliserol, 9% ZnO dan 35% gliserol memiliki nilai kuat tarik lebih rendah dari bioplastik dengan kombinasi 9% ZnO dan 25% gliserol, nilai kuat tariknya berturut-turut: 1,67 Mpa, 1,54 Mpa, 1,20 Mpa, 3,17 Mpa, 2,63 Mpa, 2,50 Mpa, 4,75

Mpa, dan 3,89 Mpa. Perubahan kuat tarik bioplastik ini berhubungan dengan interaksi antara ZnO sebagai penguat dan gliserol sebagai *plasticizer*, bahwa semakin besar konsentrasi ZnO maka nilai kuat tarik bioplastik akan meningkat sedangkan semakin besar konsentrasi gliserol nilai kuat tarik bioplastik akan menurun. Menurut sifat mekanik plastik sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), bioplastik

dengan kombinasi 9% ZnO dan 25% gliserol memiliki nilai kuat tarik tertinggi yaitu sebesar 7,12 Mpa (gambar 2), belum memenuhi SNI plastik yaitu dengan nilai kuat tarik 24,7-302 (Mpa).

Hasil analisis data pengaruh konsentrasi ZnO dan gliserol terhadap elongasi bioplastik dari limbah tongkol jagung manis dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Grafik Pengaruh Konsentrasi ZnO dan Gliserol Terhadap Elongasi Bioplastik

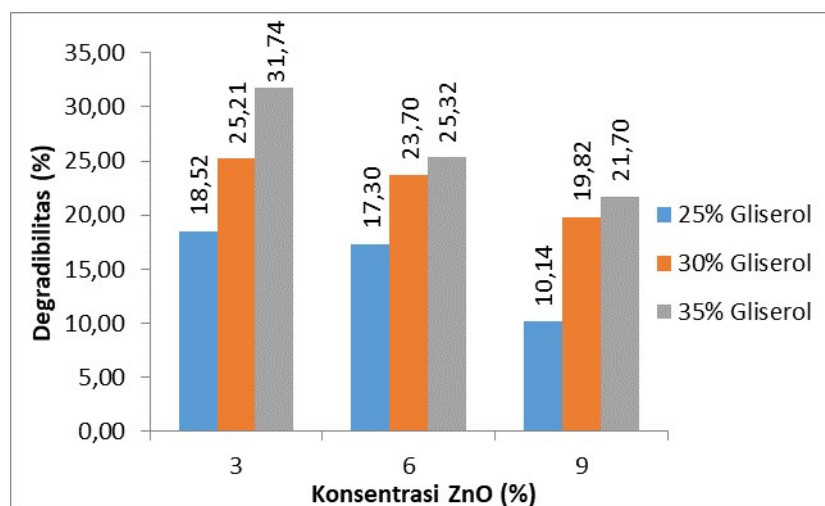
Berdasarkan gambar 3 diketahui bahwa bioplastik dengan kombinasi ZnO 3% dan 35% gliserol memiliki nilai elongasi sebesar 21,48% sedangkan bioplastik dengan kombinasi 3% ZnO dan 25% gliserol, 3% ZnO dan 30% gliserol, 6% ZnO dan 25% gliserol, 6% ZnO dan 30% gliserol, 6% ZnO dan 35% gliserol, 9% ZnO dan 25% gliserol, 9% ZnO dan 30% gliserol, 9% ZnO dan 35% gliserol memiliki nilai elongasi lebih rendah dari bioplastik dengan kombinasi 3% ZnO dan 35% gliserol, nilai elongasinya berturut-turut: 12,48%, 17,44%, 10,88%, 16,78%, 21,38%, 7,94%, 14,80%, dan 17,86%. Perubahan elongasi bioplastik ini berhubungan

dengan interaksi antara ZnO sebagai penguat dan gliserol sebagai *plasticizer*, bahwa semakin besar konsentrasi gliserol maka nilai elongasi bioplastik akan meningkat sedangkan semakin besar konsentrasi ZnO nilai elongasi bioplastik akan menurun. Menurut nilai elongasi SNI yaitu 21-220% bioplastik dengan kombinasi ZnO 3% dan 35% gliserol dengan nilai elongasi sebesar 21,48% (gambar 3) sudah memenuhi standar plastik.

2. Uji Biodegradabilitas

Hasil analisis data uji biodegradabilitas bioplastik dari tongkol jagung manis dengan presentase

penurunan degradabilitas terhadap kombinasi konsentrasi ZnO dan gliserol dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Grafik Presentase Penurunan Degradabilitas Terhadap Kombinasi Konsentrasi ZnO dan Gliserol

Berdasarkan gambar 4 diketahui bahwa menunjukkan bioplastik dengan penguat 9% ZnO mempunyai tingkat presentase penurunan degradabilitas yang lebih rendah dibandingkan dengan penguat 3% dan 6% ini dikarenakan partikel ZnO bertindak sebagai penghalang laju difusi air dalam polimer dan juga sebagai agen penyerang mikroorganisme sehingga dengan kadar ZnO yang cukup besar, frekuensi penyerangan terhadap mikroorganisme penguraian menjadi tinggi (Wang, 2007). Sedangkan bioplastik dengan *plasticizer* 35% gliserol mempunyai tingkat presentase penurunan degradabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan *plasticizer* 25% dan 30% ini dikarenakan semakin meningkat konsentrasi gliserol, maka akan semakin mudah dan cepat sampel film plastik terdegradasi, dan juga gliserol memiliki

sifat hidroflik yaitu mudah larut dalam air (Coniwati, P. dkk. 2014).

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) plastik *biodegradable* akan terdegradasi bioplastik lebih dari 60% selama seminggu. Tingkat presentase penurunan degradabilitas bioplastik dari tongkol jagung manis dengan kombinasi 3% penguat ZnO dan 35% *plasticizer* gliserol dengan lama waktu terdegradasi 3 hari hanya terurai sebagian (31,74%), sehingga belum memenuhi SNI plastik *biodegradable*. Sedangkan menurut standar Internasional (ASTM 5336) lamanya Film Plastik terdegradasi (biodegradasi) untuk plastik PLA dari Jepang dan PCL dari Inggris membutuhkan waktu 60 hari untuk dapat terurai secara keseluruhan (100%) (Arief, 2013). Lamanya terdegradasi (biodegradasi) bioplastik dari pati jagung dengan penambahan

kitosan dan gliserol yang dihasilkan dari penelitian Coniwanti, P., dkk (2014) adalah dalam waktu 20 hari untuk dapat terurai hampir keseluruhan (80%) sehingga membuktikan bahwa hasil penelitian Coniwanti, P., dkk (2014) memenuhi kriteria degradasi dari film plastik.

3. Kesimpulan

kesimpulan pada penelitian ini adalah: Perubahan sifat mekanik bioplastik berhubungan dengan interaksi antara ZnO sebagai penguat dan gliserol sebagai *plasticizer*, bahwa semakin besar konsentrasi ZnO maka nilai kuat tarik bioplastik akan meningkat sedangkan nilai elongasi bioplastik akan menurun. Semakin besar konsentrasi gliserol maka nilai elongasi bioplastik akan meningkat sedangkan nilai kuat tarik bioplastik akan menurun. Gugus fungsi bioplastik terkandung dalam lembaran bioplastik memiliki gabungan gugus fungsi (O-H, C-H, C=O, C=C, C-O, & C-O-C) dari komponen penyusunnya, sehingga bioplastik yang dihasilkan memiliki sifat-sifat dari komponen penyusunnya yaitu, kuat, mudah terurai, plastis, dan memiliki aktivitas antimikroba. Bioplastik dengan konsentrasi 35% gliserol (*plasticizer*) mempunyai tingkat presentase penurunan degradibilitas lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi gliserol 25% dan 30%.

DAFTAR PUSTAKA

Bourtoom, T., (2008). Edible Films and Coatings: Characteristics and Properties, International Food Research Journal, 15 (3), pp. 237-248.

Coniwanti, P., Linda L., dan Mardiyah R. A. (2014). Pembuatan Film Plastik Biodegradabel dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemplastis Gliserol. Jurnal Teknik Kimia No. 4, Vol. 20. Universitas Sriwijaya.

Fachry, A.R, Puji Astuti, dan Puspitasari T.G. (2013). *Pembuatan Bioetanol dari Limbah Tongkol Jagung dengan Varisi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Fermentasi*, Jurnal Teknik Kimia no. 1, vol. 19.

Khalistyawati, S. (2016). *Optimasi Bioplastik Kelobot Jagung (Zea mays L.) Ditinjau dari Nisbah Biokomposit, Penambahan ZnO dan Plasticizer Gliserol*. [Tugas Akhir]. Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana.

Mc. Hugh, T. H. dan J. M Krochta, J. M., (1994). *Sorbitol vs glycerol plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation*. Journal of Agricultural Food Chemistry, 42: 841_5, dalam Jurnal Teknik Kimia FTI-ITS.

Melisa, S. Bahri, Nurhaeni. (2014). *Optimasi Sintesis Karboksimetil Selulosa Dari Tongkol Jagung Manis (Zea Mays L Saccharata)*. Online Journal of Natural Science, Vol.3(2): 70-78.

Peng, F., P. Peng., F. Xu and R.C. Dan Sun. (2012). *Fractional purification and bioconversion of hemicellulose*. *Biotechnol. Adv.* 30: 879-903

Pranamuda. (2009). *Pengembangan Bahan Plastik Biodegradabel*

- Berbahan Baku Pati Tropis*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Jakarta. Weblog Biology Resources on Shantybio.
- Pratiwi, R., D. Rahayu, dan M. I. Barliana. (2016). *Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) sebagai Bahan Bioplastik*. IJPST. Vol. 3, No. 3.
- Shofianto, M. E. (2008). *Hidrolisis Tongkol Jagung Oleh Bakteri Selulolitik Untuk Produksi Bioetanol dalam Kultur Campuran*. [Skripsi]. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Subekti, Hendra. (2006). *Produksi Etanol dari Hidrolisat Fraksi Selulosa Tongkol Jagung oleh *Saccharomyces cerevisiae**. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Sulistiyawati, S. (2008). *Modifikasi Tongkol Jagung sebagai Adsorben Logam Berat Pb (II)*. [Skripsi]. Bogor : Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. 1-28.
- Sumartono, N. W., F. Handayani, R. Desiriana, W. Novitasari, dan D. S. Hulfa. (2015). *Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Alang-Alang (*Imperata Cylindrica (L.)*) dengan Penambahan Kitosan, Gliserol, dan Asam Oleat*. PELITA, Volume X, Nomor 2. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Wang, Z. (2007). Nanopiezotronics. *Advanced Materials*, 19, 889-892.