

INOVASI PLASTIK BIODEGRADABLE DENGAN KARAKTERISTIK EDIBLE FILM DARI BONGGOL PISANG DAN LIMBAH KULIT SINGKONG DENGAN PLASTICIZER GLISEROL

Rifqi Akhdan Pradipta¹, Irawati², Dery Junika Niarja³

¹ Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

² Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

³ Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

¹18521059@students.uui.ac.id, ²18521042@students.uui.ac.id, ³18521051@students.uui.ac.id

Abstract

The background of this research began with initiatives in Indonesia to an alarming level. According to the Indonesian Retailers Association (APRINDO), in just one year, it has reached 10.95 million pieces of plastic bags, equivalent to 65.7 hectares of plastic bags. Plastic is a chemical polymer that is widely used in daily life, this is because plastic has several advantages compared to other polymer materials which are lighter, stronger, transparent, waterproof, and more affordable. The use of plastic as packaging can not be separated from everyday life, but plastic can also cause some environmental problems, namely cannot be recycled and cannot be decomposed naturally. In recent years, environmentally friendly food packaging has become an alternative because it is made from natural ingredients and is easily degraded by microorganisms and the weather. Therefore, this research was developed to produce edible films that have high mechanical properties. In this research, the synthesis of the edible film based on banana weevil starch and cassava peel with a plasticizer mixture composition is glycerol. The research method uses the Blending method which is to mix the prepared material into one and heat it up to $\pm 75^{\circ}\text{C}$. As a basic ingredient, banana weevil starch and cassava peel waste which have a high starch and fiber content need to be considered as the main ingredient in making the edible film. Therefore, by combining banana weevil starch and cassava peel waste is expected to minimize the accumulation of plastic waste.

Keywords : Plastic, Cassava Peel, Banana weevil, edible film

I. PENDAHULUAN

Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menjelaskan bahwa produksi sampah di Indonesia mencapai 175.000 ton dalam setiap hari atau 64 juta ton dalam setiap tahunnya. Bila menggunakan asumsi berdasarkan data itu, sampah yang dihasilkan setiap orang per hari sebesar 0,7 kilogram (kg). Sementara itu di Yogyakarta sendiri, Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan menjelaskan bahwa pada bulan Februari 2019 produksi sampah di Yogyakarta mencapai angka 2.100 ton

setiap harinya. Sedangkan daerah Sleman, produksi sampah per hari mencapai 800 ton.

Sri Restuti Nurhidayah, Kepala Unit Pelayanan Teknis (UPT) Pelayanan Persampahan, Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Sleman, mengatakan bahwa sebanyak 52% sampah sudah tertangani dimana 32% dari sampah-sampah tersebut dibuang menuju tempat pengelolaan sampah terpadu (TPST) yang terletak di Piyungan Bantul dan merupakan sampah residu yang tidak bisa dikelola pemerintah. Sementara itu 48% sampah-sampah tersebut masih berserakan di jalan maupun selokan.

Dalam mengatasi hal tersebut dilakukan beberapa cara dalam mengatasi masalah sampah terutama plastik, salah satunya adalah dengan pembuatan sampah plastik yang dapat hancur dan terdegradasi secara alami melalui metabolisme mikroorganisme dikenal sebagai sebutan plastik biodegradable. Plastik biodegradable adalah plastik ramah lingkungan yang dapat terurai ke alam karena aktivitas mikroorganisme menjadi H_2O dan CO_2 untuk dibuang ke alam sebagai hasil akhirnya. Sedangkan Plastik konvensional adalah plastik yang bahan bakunya tidak dapat kembali ke alam. (Kaeb, 2005).

Pati yang terkandung dalam berbagai jenis tanaman sering digunakan sebagai bahan baku plastik *biodegradable*. Hal ini dikarenakan pati merupakan jenis polimer alami yang berasal dari aktivitas mikroorganisme menjadi H_2O dan CO_2 pada proses fotosintesis. Selain itu pati lebih sering digunakan daripada minyak bumi karena pati merupakan bahan yang dapat diperbaharui (Sriroth *et al.* 2000; Lu *et al.* 2009). Pati yang digunakan berasal dari limbah yang belum bisa dimanfaatkan secara optimal seperti bonggol pisang dan kulit singkong.

Didalam bonggol pisang terdapat sebuah zat yaitu, pati, air, protein dan vitamin. Komposisi dari kandungan tersebut antara lain pati 76%, air 20%, dan 4% berupa protein dan vitamin. Pati yang ada pada bonggol pisang merupakan salah satu jenis pati yang mengandung komponen hidrokoloidnya yang dapat dimanfaatkan dalam pembentukan matrik film. Kandungan amilosa dalam pati bonggol pisang sangatlah tinggi yaitu sebesar 20 %, sehingga memiliki potensi dalam menghasilkan matriks film yang lebih kuat (Suyanti, 2008).

Setiap kilogram singkong bisa menghasilkan limbah kulit sebesar 15-20%.

Kulit singkong tersebut kebanyakan tidak digunakan lagi atau menjadi limbah. Kandungan yang terdapat dalam kulit singkong antara lain protein 8,11%, serat kasar 15,20 %, pektin 0,22 %, lemak kasar 1,44 %, karbohidrat 16,72 %, kalsium 0,63 %, air 67,74 % dan abu 1,86 %. Kandungan tersebut (Winarno, 1990)

Plasticizer adalah bahan organik yang bertitik didih tinggi dengan molekul rendah sebagai bahan tambahan pada pembuatan plastik biodegradable yang berfungsi untuk memperlemah kekakuan dari polimer, serta berperan dalam meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer. Fungsi penambahan *plasticizer* dalam plastik biodegradable dapat menurunkan kekuatan intermolekuler, meningkatkan fleksibilitas dan menurunkan sifat barrier suatu film, serta menghindarkan material dari keretakan (Mujiarto, 2005).

Gliserol merupakan salah satu jenis *plasticizer* yang digunakan dalam pembuatan *plasticizer* karena kandungan gugus -OH nya diharapkan mampu tersubstitusi ke dalam pati atau dapat membentuk interaksi ikatan hidrogen, sehingga perubahan struktur yang terjadi ini akan dapat memperbaiki sifat polimer yang dihasilkan (Kumar dkk, 1998). Oleh karena itu penulis mengusulkan plastik biodegradable dengan bahan baku alami yaitu bonggol pisang dan limbah kulit singkong dengan *Plasticizer* gliserol yang diharapkan mampu mengurangi penggunaan plastik konvensional dengan cara beralih ke plastik biodegradable.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah *literature review* yang berasal dari analisis dan sintesis beberapa referensi terkait. Sumber referensi yang dianalisis berasal dari jurnal dan buku biokimia dengan teks lengkap untuk 10 tahun terakhir diambil

melalui beberapa *website* publikasi jurnal internasional dan nasional seperti : Science Direct, Mendeley, Garuda ristekdikti, Researchgate, dan Google Scholar. Penulis memasukkan beberapa kata kunci dalam pencarian yakni plastik biodegradable, *plasticizer*, bonggol pisang, kulit singkong, *edible film*. Selain itu, dalam beberapa bagian ada data statistik yang dicantumkan.

Berdasarkan literature review yang didapatkan, terdapat beberapa metode dalam pembuatan plastik biodegradable salah satunya metode blending dalam pembuatan plastik biodegradable. Menurut Zuhra dkk (2017) pembuatan plastik biodegradable dengan metode blending dapat meningkatkan sifat mekanik pada plastik, hal ini dikarenakan semua bahan tercampur secara merata sehingga mempunyai sifat yang bagus dan prosesnya yang sederhana. Langkah yang dilakukan sebelum blending adalah treatment bahan baku.

Proses pembuatan pati bonggol pisang, bonggol pisang dipotong menjadi bagian bagian yang lebih kecil lalu direndam dalam larutan asam sitrat 50% (w/v) selama 10 menit yang berfungsi untuk menghilangkan enzim browning (warna biru) pada bonggol pisang (Rahmawati dkk, 2011). Kemudian bonggol pisang yang telah direndam dalam larutan asam sitrat dijemur lalu direndam di dalam air sehingga mudah hancur ketika diblender. Bonggol pisang yang telah di blender tersebut akan membentuk bubur yang kemudian disaring dan diperoleh endapan. Setelah terbentuk endapan ditambahkan air dan diendapkan lagi selama 30 menit sehingga diperoleh pati. Selanjutnya pati yang telah dihasilkan dikeringkan di bawah panas matahari dan ditumbuk menjadi serbuk (Wardah dkk, 2015).

Pati kulit singkong didapat dengan menghancurkan kulit singkong yang sudah bersih dengan menggunakan blender hingga membentuk bubur. Setelah menjadi bubur

disaring dan dibiarkan untuk memperoleh endapan dari bubur kulit singkong selama 30 menit. Selanjutnya endapan yang didapatkan dipisahkan dari air lalu diendapkan lagi dengan waktu yang sama untuk mendapatkan endapan kedua. Setelah didapat endapan kedua lalu dikeringkan dengan suhu 70°C selama 30 menit menggunakan oven (Anita dkk, 2013).

Pembuatan *plasticizer* gliserol dilakukan dengan menyaring 500 ml minyak jelantah dan dipanaskan ke dalam labu leher tiga hingga mencapai 60°C selama 60 menit (Kwartiningsih dkk, 2007). Pada saat proses pemanasan di labu leher tiga ditambahkan KOH yang berfungsi untuk mempercepat proses yang terjadi dalam labu leher tiga sehingga bahan tersebut bisa tercampur dan warnanya menjadi coklat tua dan bersih. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel 10 kali setiap 10 menit dengan masing-masing pengambilan 10 ml. sampel didiamkan di dalam beker glass 25 ml selama 1 malam yang bertujuan untuk membentuk dua lapisan antara gliserol dan bioetanol. Larutan tersebut di diamkan dan dipisahkan dengan menggunakan corong pemisah. Larutan gliserol yang terbentuk berwarna coklat tua, sedangkan bioethanol berwarna kuning jernih. (Wardah dkk, 2015)

Setelah bahan baku serupa pati bonggol pisang, pati kulit singkong dan *plasticizer* siap selanjutnya adalah proses pembuatan film plastik biodegradable dengan menggunakan metode blending, dalam metode ini pembuatan bioplastik dilakukan dengan mencampurkan semua bahan yang sudah disiapkan menjadi satu dan dipanaskan pada suhu sampai $\pm 75^{\circ}\text{C}$. (Zuhra dkk, 2017)

Dalam proses pembuatan plastik biodegradable ditambahkan 3 ml asam asetat dan karagenan dalam 50 ml aquades. Penambahan asam asetat sebagai pelarut pada adonan plastik dan Karagenan sebagai pembentuk gel atau penambah ketebalan.

Beberapa bahan tersebut dicampur dan diaduk dengan magnetic stirrer selama 15 menit sampai homogen hingga adonan mengental seperti gel atau agar-agar. Kemudian adonan plastik dituangkan ke dalam cetakan kaca dan dikeringkan di bawah terik matahari sampai adonan kering dan membentuk plastik. (Wardah, dkk, 2015)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Potensi Bonggol Pisang Dan Kulit Singkong Terhadap Pembuatan Plastik Biodegradable

3.1.1 Potensi Bonggol Pisang Terhadap Pembuatan Plastik Biodegradable

Menurut penelitian Suyanti (2008), Pati bonggol pisang memiliki kadar amilosa yang cukup tinggi sekitar 20% memiliki potensi untuk membentuk dan menghasilkan film yang lebih kuat dari pati yang mengandung lebih sedikit amilosa. Amilosa berperan dalam kelenturan dan kekuatan film pada sediaan edible film.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zuhra dkk (2017) sifat mekanik yang didapat dari bioplastik dipengaruhi oleh persentase kandungan pati bonggol pisang, kitosan dan minyak jarak (sebagai pemlastis) yang dicampurkan. Sementara itu persen elongasi dipengaruhi oleh banyaknya pati yang digunakan, semakin banyak pati yang digunakan, maka semakin menurunkan elongasi yang dihasilkan

Tabel 1.1 *Elongation* pada bioplastik

Komposisi (Pati:Kitosan)	<i>Elongation</i> (%)
40:60	30,119 ± 3,739
50:50	39,338 ± 3,120

60:40

14,655 ± 0,325

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh Zuhra seperti terlihat pada Tabel 1.1 nilai elongasi yang terdapat pada variasi pa/ki 40/60 dan 60/40 yaitu 30,119% dan 14,655%, dimana nilai elongasi menurun seiring bertambahnya kandungan pati. Sedangkan pada variasi pa/ki 50/50 memiliki nilai elongasi terbaik yaitu 39,338%, nilai yang diperoleh sudah mencapai dari nilai minimum standar ASTM yaitu (21-220)%. (Zuhra dkk, 2017)

Tabel. 1.2 Karakteristik *Tensile Strength* pada bioplastik dari pati bonggol pisang

Komposisi (Pati:Kitosan)	<i>Tensile Strength</i> (MPa)
40:60	15,987 ± 1,353
50:50	13,696 ± 0,608
60:40	9,8571 ± 2,288

Dari tabel 1.2 *tensile strength* yang dihasilkan bioplastik dari pati bonggol pisang (9,857-15,987) MPa belum memenuhi nilai standar ASTM polipropilen dengan kisaran (24,7-302) MPa.

3.1.2 Potensi Kulit Singkong Terhadap Pembuatan Plastik Biodegradable

Menurut penelitian Kawijia (2017) kulit singkong mengandung amilopektin yang tinggi yaitu 59% menyebabkan pati memiliki sifat mirip amilopektin yaitu sangat jernih, tidak mudah menggumpal, memiliki daya pemekat yang tinggi, tidak mudah pecah, dan suhu gelatinisasi rendah sehingga dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan edible film.

Berdasarkan Penelitian yang dilakukan oleh Nurviantika (2015) pembuatan plastik biodegradable dengan menggunakan sampel 5 g kulit singkong menghasilkan kuat tarik sebagai berikut :

Tabel 1.3 Karakteristik *Tensile Strength* pada bioplastik dari pati kulit singkong

Sampel dalam 100 mL air panas	Gliserol (mL)	Limonen (mL)	<i>Tensile Strength</i> (MPa)
Bioplastik dari kulit singkong 5 g	1	0	271,60 ± 47,44
	1	1	29,19 ± 9,29

Dari tabel diatas dapat dilihat dengan penambahan limonen (sebagai zat aditif) pada bioplastik dari kulit singkong memiliki kuat tarik yang lebih kecil daripada bioplastik yang tidak ditambah limonen.

Dari tabel 1.3 *tensile strength* yang dihasilkan bioplastik dari pati kulit singkong (29,19±271,60) MPa sudah cukup baik dan sudah memenuhi standar ASTM polipropilen.

3.2. Pengaruh Gliserol Terhadap Uji Karakteristik Plastik Biodegradable

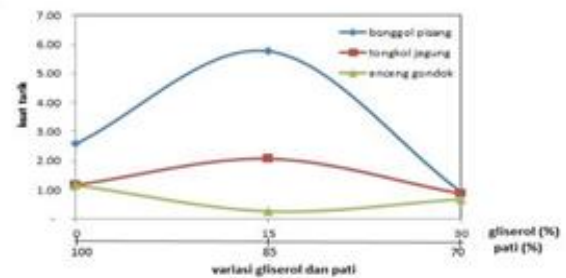
3.2.1. Pengaruh Penambahan *Plasticizer* Gliserol terhadap *Tensile strength*

Tensile Strength atau kuat tarik merupakan besarnya gaya untuk mencapai tarikan maksimum per satuan luas area *edible film* untuk bertahan sebelum akhirnya *edible film* tersebut putus (Anandito, 2012).

Berdasarkan penelitian Inayatul Wardah dan Erna Hastuti (2015) Dengan penambahan konsentrasi gliserol akan mempengaruhi sifat mekanik plastik

biodegradable yaitu menurunkan nilai *Tensile Strength* dan meningkatkan pertambahan elongasi.

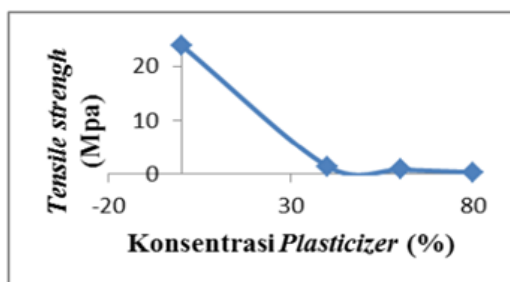
Grafik 1.1 Hubungan *Tensile Strength* edible film dan konsentrasi *plasticizer*



Dari hasil pengukuran menunjukkan nilai *Tensile Strength* menurun dengan adanya penambahan konsentrasi gliserol seperti yang ditunjukkan pada grafik 1.1. Oleh karena itu penambahan gliserol dan pati juga mempengaruhi *Tensile Strength*. *Tensile Strength* terbaik terdapat pada variasi komposisi pati bonggol pisang 85% dan gliserol 15% sebesar 5,77 MPa yang sudah cukup mendekati nilai *tensile strength* plastik biodegradable konvensional yaitu sebesar 10 – 100 MPa. Nilai *Tensile Strength* plastik biodegradable akan semakin turun dengan semakin besarnya konsentrasi gliserol. (Wardah, 2015)

Unsa dkk, (2018) juga melakukan penelitian karakterisasi *edible film* dan mendapatkan nilai kuat tarik tertinggi terdapat pada *edible film* tanpa penambahan konsentrasi campuran *plasticizer* yaitu 23,8265 Mpa dan nilai kuat tarik terendah terdapat pada *edible film* dengan penambahan konsentrasi campuran *plasticizer* 80% yaitu 0,3525 Mpa. Sehingga penelitian ini juga menunjukkan penurunan nilai kuat tarik dengan bertambahnya konsentrasi campuran *plasticizer* gliserol dan sorbitol.

Grafik 1.2 Hubungan *Tensile Strength* edible film dan konsentrasi *plasticizer*



Penambahan *plasticizer* dapat mengurangi energi yang dibutuhkan molekul untuk melakukan pergerakan dan mengurangi ikatan hidrogen internal molekul dan menyebabkan melemahnya gaya tarik intermolekul rantai polimer yang berdekatan sehingga menyebabkan daya regang putus dan kekakuannya berkurang serta menurunnya nilai kuat tarik (Putra dkk, 2017).

Hasil tersebut juga didukung pada penelitian Sitompul dkk (2017) yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi *plasticizer* akan menurunkan ikatan hidrogen dalam film sehingga film yang dihasilkan menjadi lebih lentur, lembut, dan fleksibel sehingga menyebabkan turunnya kuat tarik antar polimer pada saat terjadi penguapan air yang mengakibatkan ketahanan terhadap perlakuan mekanis film semakin menurun (Riza, dkk., 2013).

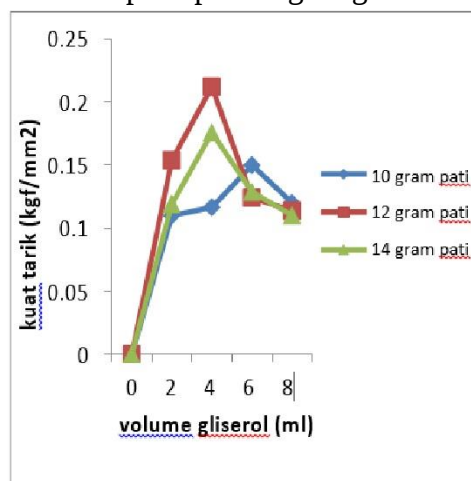
Nilai kuat tarik terbaik diperoleh film dengan penambahan campuran *plasticizer* pada konsentrasi 40% sebesar 1,4655 Mpa yang cukup mendekati standar minimal Japanese Industrial Standart sebesar 3,92266 Mpa (Ariska dan Suyatno, 2015).

Penurunan *Tensile Strength* berhubungan dengan adanya ruang kosong yang terjadi karena ikatan antar polisakarida

diputus oleh gliserol. Hal ini menyebabkan ikatan antar molekul dalam plastik plastik tersebut semakin melemah karena gliserol yang menyisip dan menghilangkan ikatan hidrogen di antara molekul polisakarida.

Sementara itu menurut Anita dkk (2013) Sifat mekanik seperti kuat tarik (*tensile strength*), persen *elongation* dan modulus young merupakan parameter penentuan kualitas film plastik *biodegradable*.

Grafik 1.3 Hubungan penambahan gliserol pada pati singkong



Grafik 1.3 menunjukkan hubungan antara penambahan gliserol pada bahan baku plastik *biodegradable* pati singkong dengan *Tensile Strength* dimana bahwa semakin tinggi konsentrasi gliserol maka akan semakin menurun nilai *Tensile Strength*. Menurut Anita dkk (2013) nilai *Tensile Strength* terbaik pada hasil penelitiannya adalah pada 12 gram pati kulit singkong dan 4 ml gliserol.

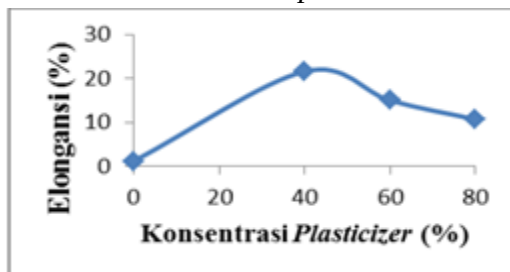
3.2.2. Pengaruh Penambahan *Plasticizer* Gliserol terhadap derajat *elongation*

Elongasi merupakan salah satu dari sifat mekanik untuk menentukan persentase

perubahan derajat perpanjangan putus film (Anandito, 2012). Pengujian elongasi dilakukan dengan membandingkan penambahan panjang yang terjadi dengan panjang bahan sebelum dilakukan uji tarik (Arini, 2017).

Menurut Darni (2008) pencampuran yang kurang homogen merupakan salah satu faktor yang mengakibatkan persen elongasi naik turun karena belum sempurnanya penyisipan bahan pemlastis ke dalam matriks plastik komposit sehingga persen elongasi yang dihasilkan tidak maksimal.

Grafik 1.4 Hubungan *Elongation* edible film dan konsentrasi *plasticizer*

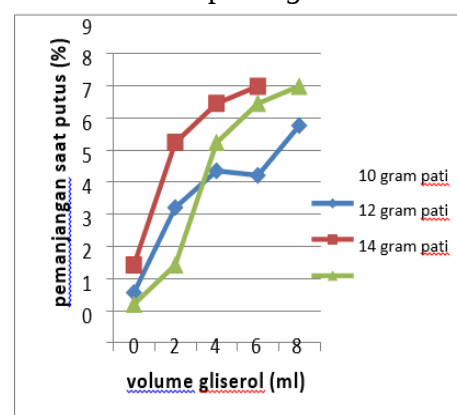


Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa persentase elongasi yang dihasilkan bervariasi dan didapat hasil terbaik ditunjukkan pada penambahan konsentrasi campuran *plasticizer* 20% yaitu 21,6 % dan terendah terdapat pada konsentrasi campuran *plasticizer* 0% sebesar 1,25 %. Hubungan antara konsentrasi campuran *plasticizer* cenderung berbanding lurus dengan persen elongasi yang dihasilkan. (Unsa, dkk. 2018)

Semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* gliserol cenderung menurunkan nilai kuat tarik dan meningkatkan persentase elongasi sehingga edible film semakin fleksibel karena *plasticizer* dapat mengurangi gaya antar molekul dan meningkatkan mobilitas rantai meningkat nilai elongasinya (McHugh dkk, 1994).

Persen elongasi merupakan persen pemanjangan maksimum pada saat terjadi peregangan hingga sampel plastik terputus. Perubahan panjang dapat dilihat pada saat plastik robek, persen elongasi dipengaruhi oleh banyaknya pati yang digunakan, semakin banyak pati yang digunakan, maka semakin menurunkan elongasi yang dihasilkan (Rofikah, 2013).

Grafik 1.5 Pengaruh penambahan gliserol terhadap *elongation*



Pada grafik 1.5 menunjukkan bahwa dengan penambahan gliserol persen elongasi akan semakin meningkat, hingga pada penambahan 6 ml gliserol terjadi penurunan akibat pati dan gliserol tidak terdistribusi dengan sempurna.

IV. KESIMPULAN

Plastik Biodegradable merupakan plastik yang dapat terurai oleh aktivitas mikroorganisme dan menjadi air serta gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan sebagai hasil akhirnya. Bonggol Pisang dan Kulit Singkong memiliki potensi sebagai bahan baku plastik biodegradable karena memiliki sifat mekanis yang mendekati dari sifat plastik. Sementara itu Penambahan gliserol terhadap karakteristik *edible film* dapat

meningkatkan *elongation*, tetapi dapat menurunkan nilai *tensile strength*. Dengan adanya plastik biodegradable dari limbah kulit singkong dan bonggol pisang ini diharapkan mampu mengurangi volume sampah plastik di Tempat Pembuangan Sampah Akhir Piyungan Bantul yang semakin hari semakin bertambah. Selain itu dengan adanya plastik biodegradable diharapkan dapat mengurangi penggunaan sampah konvensional yang sulit terurai oleh alam.

V. REFERENSI

- Anandito R.B.K., Nurhartadi, E., dan Bukhori, A. 2012. Pengaruh Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film Berbahan Dasar Tepung Jali (*Coix Lacryma-Jobi L.*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 5(2) : 17-23.
- Anita, Z., Akbar, F., dan Harahap, H. 2013. Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Film plastik Biodegradable dari pati kulit singkong. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2 (2) : 38–39.
- Arini, D., Ulum, M.S., dan Kasman. 2017. Pembuatan dan Pengujian Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Berbasis Tepung Biji Durian. *Journal of Science and Technology*. 6(3) : 276-283.
- Ariska, R.E., dan Suyanto. 2015. Pengaruh Konsentrasi Karagenan Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Edible film dari Pati Bonggol Pisang dan Karagenan Dengan Plasticizer Gliserol Sebagai Bahan Pengemas Makanan. *UNESA Journal of Chemistry*. 4(3).
- Darni, Y., Chici, A., dan Ismiyati, S.D. 2008. Sintesa Bioplastik Dari Pati Pisang dan Gelatin dengan Plasticizer Gliserol, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II*. 17-18 November 2008, Lampung, Indonesia.
- Kaeb, H. 2005. *Highlights in Bioplastics*. IBAW Publication. Berlin
- Kumar, A., dan Gubta, K.R. 1998. *Fundamental of Polymers*. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Kwartiningsih, dkk. 2007. Pengaruh Temperatur Terhadap Kinetika Reaksi Metanolisis Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel (Ditinjau Sebagai Reaksi Homogen). *Jurnal Ekuilibrium*. 6(2) : 71-74.
- Lu, D.R., Xiao, C.M., and Xu, S.J. 2009. Starch-based completely biodegradable polymer materials. *eXPRESS Polymer Letters*. 3(6): 366–375.
- McHugh, T.H and Krochta, J.M. 1994. Sorbitol vs glycerol plasticized whey protein edible film : integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *J Agric. Food Chem.* (42), 841-845.
- Mujiarto, I. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*. AMNI. Semarang.
- Nurviantika, L., Sedyawati, S.M.R. and Mahatmanti, F.W. 2015. Perbandingan Sifat Bioplastik Berbasis Limbah Nasi dan Kulit Singkong Dengan Aditif

- Limonen. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(1) : 52-55.
- Putra, A.D., Johan, V.S., dan Efendi, R. 2017. Penambahan Sorbitol Sebagai Plasticizer dalam Pembuatan Edible Film Pati Sukun. *JOM Fakultas Pertanian*. 4(2) : 1-15.
- Rahmawati, A., dkk. 2011. Pemanfaatan Kulit Pisang Raja (*Musa sapientum*) dalam Pembuatan Plastik Biodegradable Dengan Plasticizer Gliserin Dari Minyak Jelantah. *Laporan Kemajuan Program Kreativitas Mahasiswa*. ITB, Bandung.
- Rofikah. 2013. Pemanfaatan Pektin Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* Linn) Untuk Pembuatan Edible Film. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Sitompul, A.J.W.S., dan Zubaidah, E. 2017. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Sifat Fisik Edible Film Kolang Kaling (*Arenga Pinata*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 5(1) : 13- 25.
- Sriroth, K., R. Chollakup, K. Piyachomkwan, and C.G. Oates. 2000. Biodegradable Plastics From Cassava Starch in Thailand. http://ci-at-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/asia/proceedings_workshop_00/538.pdf. Diakses tanggal 7 Februari 2019
- Suyanti, dan Supriyadi, A. 2008. *Pisang: Budi Daya, Pengolahan, dan Prospek Pasar*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Unsa, L.K., dan Paramastri, G.A. 2018. Kajian jenis plasticizer campuran gliserol dan sorbitol terhadap sintesis dan karakterisasi edible film pati bonggol pisang sebagai pengemas buah apel. *Jurnal Kompetensi Teknik*. 10(1) : 35-47.
- Winarno, F. 1990. *Singkong dan Pengolahannya*. Penerbit Aksara Baru. Jakarta.
- Wardah, I., dan Hastuti, E. 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol Dengan Pati Dari Bonggol Pisang, Tongkol Jagung, Dan Enceng Gondok Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Plastik Biodegradable. *Jurnal Neutrino : Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 7 (2) : 77-85.
- Zuhra dkk. 2017. Pembuatan Plastik Biodegradable dari Kitosan, Pati Bonggol Pisang (*Musa paradisiaca*, L), dan Minyak Jarak (*Castor Oil*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Kimia*. 2 (3): 173-182.