

SINTESIS DAN KARAKTERISASI PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI PATI ONGGOK SINGKONG DAN EKSTRAK LIDAH BUAYA (*Aloe vera*) DENGAN *PLASTICIZER* GLISEROL

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF BIODEGRDABLE PLASTIC FROM CASAVA STARCH AND ALOE VERA EXTRACT WITH GLYCEROL PLASTICIZER

Mery Apriyani* dan Endaruji Sedyadi

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Jl Marsda Adisucipto No 1, Yogyakarta, 55281, Indonesia

*email: merry.apriyani04@gmail.com

diterima 8 September 2015, disetujui 22 September 2015

Abstrak

Sintesis dan karakterisasi plastik *biodegradable* dari pati onggok singkong, gliserol, asam asetat dan ekstrak lidah buaya telah dilakukan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan ekstrak lidah buaya terhadap sifat mekanik, laju transmisi uap air serta biodegradasi plastik. Terdapat lima tahapan utama dalam penelitian yaitu pembuatan ekstrak lidah buaya, pembuatan pati dari onggok singkong, pembuatan plastik *biodegradable*, karakterisasi plastik *biodegradable* dan uji biodegradasi plastik. Variasi ekstrak lidah buaya yang digunakan yaitu 0,01; 0,03; 0,05; 0,07 dan 0,14 gram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ekstrak lidah buaya cenderung meningkatkan ketebalan sampai 0,01 mm dan elongasi plastik *biodegradable* sampai 32,07%, namun menurunkan kuat tarik plastik *biodegradable* sampai 23,95 MPa. Kuat tarik dan elongasi terbesar yaitu 3,90 MPa dan 34,43%. Laju transmisi uap air terbaik sebesar 2,40 g/m²jam. Uji biodegradasi plastik *biodegradable* bahwa penambahan ekstrak lidah buaya tidak berpengaruh nyata terhadap degradasi plastik.

Kata kunci: *biodegradable*, pati, gliserol, ekstrak lidah buaya, biodegradasi

Abstract

Synthesis and characterizations of Biodegradable Plastic made of Cassava Waste Starch, glycerol, acetic acid and Aloe vera extract has done. The aims of this research are to study the influence of addition of aloe vera extract in plastics mechanics properties, water vapor transmission rate and biodegradation. There are five main steps in this research, extraction of aloe vera, cassava starch preparation from cassava waste, preparations, characterization and biodegradability study of biodegradable plastic. The addition variations of aloe vera extract that used in this research are 0.01; 0.03; 0.05; 0.07 and 0.14 grams. Results showed that the addition of aloe Vera tends to increased biodegradable plastic thickness to 0.01 mm and elongation to 32.07%. However, biodegradable plastic tensile strength tends to decreased to 23.95 Mpa. Optimum tensile strength is 3.90 Mpa and elongation is 34.43%. Optimum water vapor transmission rate is 2.40 g/m²hours. Biodegradation study of biodegradable plastic showed that addition of aloe vera extract doesn't significantly influence in plastic degradations.

Keywords: biodegradable, starch, glycerol, aloe vera extract, biodegradation

Pendahuluan

Plastik telah menjadi bagian penting dalam peradaban modern manusia khususnya sebagai pengemas. Hal ini karena plastik memiliki berbagai kelebihan sebagai pengemas yakni fleksibel, transparan, tidak mudah pecah, kuat, ringan, tidak korosif dan harganya relatif murah [1]. Namun plastik juga memiliki kelemahan di

antaranya terbuat dari bahan baku utama yang tidak dapat diperbaharui, yaitu minyak bumi. Plastik berbahan baku minyak bumi juga sulit terurai secara alami di tanah sehingga akan mengakibatkan penumpukan limbah dalam jumlah yang besar dan pencemaran serta kerusakan lingkungan [2].

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan sampah plastik di antaranya pembakaran dan daur ulang. Pembakaran plastik dapat meningkatkan kadar CO₂ di udara sehingga menyebabkan pemanasan global. Sedangkan pada daur ulang, hanya 25% dari plastik semula yang dapat digunakan kembali [3], sehingga diperlukan usaha lain dalam mengatasi sampah plastik. Salah satu usaha tersebut yaitu dengan membuat plastik *biodegradable* atau plastik yang dapat terurai secara alami menjadi senyawa yang ramah lingkungan seperti CO₂, H₂O, CH₄ dan aldehid [3]. Skurtys [4] menjelaskan bahwa plastik *biodegradable* tersebut dapat dibuat dari golongan hidrokoloid (protein atau polisakarida), lipid (asam lemak, asilgliserol, atau lilin), dan komposit (campuran dari hidrokoloid dan lipid).

Pati merupakan polisakarida yang dapat digunakan sebagai bahan utama pembuatan plastik *biodegradable*. Salah satu sumber pati yang belum banyak dimanfaatkan adalah onggok singkong. Penggunaan onggok singkong sebagai bahan dalam pembuatan plastik *biodegradable* karena kandungan karbohidratnya yang masih tinggi yaitu sebesar 65,90% dengan kadar amilosa 16% dan amilopektin 84% [5].

Plastik yang berbahan dasar pati umumnya mempunyai karakteristik yang kaku dan rapuh, sehingga perlu ditambahkan bahan polimer lain yang bersifat elastis untuk memperbaiki sifat tersebut. Salah satu bahan yang dapat ditambahkan adalah lidah buaya (*Aloe vera*) karena mengandung senyawa kolagen (protein) yang memberikan sifat lentur dan elastis [6]. Menurut Choche [7], lidah buaya juga mengandung polisakarida antara lain *acemannan*, *glucomannan* dan *galactan*, di mana *acemannan* merupakan kandungan terbesar dalam polisakarida yaitu sebesar 60%. Femenia [8] menyebutkan bahwa kandungan karbohidrat (polisakarida) dalam lidah buaya merupakan komponen terbanyak setelah air, sehingga akan lebih mudah untuk diaplikasikan sebagai bahan pembuatan plastik *biodegradable*.

Pada proses pembuatan plastik *biodegradable* perlu ditambahkan *plasticizer* agar plastik yang dihasilkan lebih elastis dan fleksibel. *Plasticizer* yang umum ditambahkan dalam plastik *biodegradable* adalah gliserol, propilen glikol, polipropilen glikol, sorbitol dan sukrosa [9]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan *filler* ekstrak

lidah buaya terhadap sifat mekanik dan biodegradasi dari plastik *biodegradable*.

Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan adalah alat-alat gelas pada umumnya, kaca pencetak 30x20 cm², digital micrometer 0,001 mm (Krisbow 0600085), *magnetic stirrer*, kertas saring, desikator, neraca analitik (OHAUS AR 2140), *hot plate* (CIMAREC), corong *buchner*, oven (Heraeus UT 6120), blender (Miyako, BL-151 PF-AP), *Universal Tester Machine* (UTM Zwick/Z0,5) dari Fakultas Hasil Pertanian, UGM Yogyakarta serta FTIR (IR, Shimadzu Prestige-21) dari Fakultas MIPA, UGM Yogyakarta.

Bahan-bahan yang digunakan adalah onggok singkong dan lidah buaya yang didapat dari Desa Pundong, Kecamatan Srihardono, Kabupaten Bantul. Bahan lain yang digunakan adalah gliserol *p.a.*, asam asetat *p.a.*, etanol 96%, akuades dan tanah dari kebun UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Pembuatan ekstrak lidah buaya diawali dengan mencuci lidah buaya dengan air, kemudian dipotong kecil-kecil dan dikupas untuk memisahkan kulit dengan gelnya. Gel lidah buaya kemudian dipanaskan selama 5 menit dengan suhu 75-80 °C (proses *blanching*) kemudian disaring. Hasil penyaringan ditambah dengan etanol 96% pada perbandingan 1 : 4, diaduk selama 30 menit kemudian dimaserasi selama 48 jam. Hasil maserasi disaring dan endapan yang dihasilkan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60 °C sampai kering.

Onggok singkong kering awalnya ditambahkan air dan dihaluskan sampai menghasilkan *pulp*, kemudian dipisahkan patinya dengan cara disaring. Hasil penyaringan didiamkan beberapa jam hingga patinya mengendap. Endapan yang dihasilkan kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C sampai kering.

Pembuatan plastik *biodegradable* diawali dengan melakukan optimasi konsentrasi pati onggok singkong dan gliserol. Hal ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi pati onggok singkong dan gliserol yang sesuai untuk mendapatkan plastik *biodegradable* dengan nilai kuat tarik terbaik. Pada tahap pertama, konsentrasi pati onggok singkong dibuat

bervariasi yaitu 4, 5 dan 6 gram, sedangkan konsentrasi gliserol dibuat tetap yaitu 1 mL. Tahap kedua yaitu variasi konsentrasi gliserol sebesar 0,25; 0,50; 0,75; 0,10 dan 1,50 mL.

Pati onggok singkong sebanyak 5 gram dilarutkan dalam 100 mL akuades dan diaduk hingga homogen. Larutan ditambahkan ekstrak lidah buaya dengan variasi 0,01; 0,03; 0,05; 0,07 dan 0,14 gram, yang sebelumnya sudah dilarutkan dalam akuades 25 mL. Selanjutnya ke dalam masing-masing larutan ditambahkan asam asetat 1,5 mL dan gliserol 0,75 mL kemudian dipanaskan pada suhu 80-90 °C selama 25 menit. Selanjutnya larutan dituang ke dalam cetakan kaca (*solution casting*) ukuran 30 x 20 cm² dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 2 jam. Cetakan diangkat dan dibiarkan pada suhu ruang selama 48 jam.

Karakterisasi Plastik Biodegradable

Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR. Plastik *biodegradable* dianalisis gugus fungsinya dengan menggunakan FTIR. Sampel berupa plastik ditempatkan ke dalam *set holder*, kemudian di-*scan* pada panjang gelombang 4000-400 cm⁻¹.

Sifat Mekanik. Pengujian sifat mekanik plastik *biodegradable* meliputi ketebalan, kuat tarik dan elongasi. Ketebalan diukur menggunakan mikrometer dengan cara menempatkan sampel diantara rahang mikrometer. Untuk setiap sampel plastik yang akan diuji, pengukuran dilakukan pada 3 titik yang berbeda, kemudian dihitung nilai reratanya. Kuat tarik dan elongasi sampel plastik diuji menggunakan *Universal Testing Machine*. Plastik dikondisikan dalam suhu ruang bersuhu 30°C selama 24 jam sebelum dilakukan pengukuran. Kuat tarik ditentukan berdasarkan beban maksimum, sedangkan elongasi ditentukan dan dihitung pada saat plastik *biodegradable* putus.

Laju Transmisi Uap Air (WVTR). Plastik yang akan diuji diletakkan pada mulut cawan berbentuk lingkaran dengan diameter dalam 7 cm, diameter luar 8 cm dan kedalaman 2 cm yang didalamnya berisi silika gel 10 g. Bagian tepi cawan dan plastik ditutup dengan wax atau isolasi. Cawan kemudian dimasukkan ke dalam toples yang berisi larutan NaCl 40% (b/v). Uap air yang terdifusi melalui plastik akan diserap oleh silika gel dan akan menambah berat silika gel tersebut. Kondisi laju transmisi uap air setimbang tercapai dalam waktu 7-8 jam

(kondisi *steady state*), dan dilakukan penimbangan secara periodik setiap 1 jam (mulai dari jam ke-0 sampai jam ke-7). Perubahan berat menunjukkan kecepatan difusi uap air melewati plastik. Data yang diperoleh dibuat persamaan regresi linier dan nilai WVTR dapat ditentukan dengan persamaan:

$$WVTR = \frac{\text{Slope kenaikan cawan (g/jam)}}{\text{Luas permukaan plastik (m}^2\text{)}}$$

Uji Biodegradasi dengan Tanah. Metode yang digunakan adalah *soil burial test* (penanaman atau penguburan sampel dalam tanah) selama 6 hari. Tanah diletakkan di dalam toples dengan diameter 15 cm dan ketinggian 20 cm. Sampel plastik berukuran 3x3 cm² dari variasi pati, gliserol dan lidah buaya dengan sifat mekanik terbaik ditanam di dalam tanah dengan kedalaman 5 cm. Sebelum ditanam, plastik dидiamkan terlebih dahulu dalam desikator selama 24 jam dan ditimbang (W₁). Setiap 2 hari sekali plastik diambil, dicuci dengan alkohol, dikeringkan dalam oven dan ditimbang kembali (W₂). Langkah tersebut dilakukan hingga hari ke-6 dan ditentukan massa penurunan berat dan massa degradasinya.

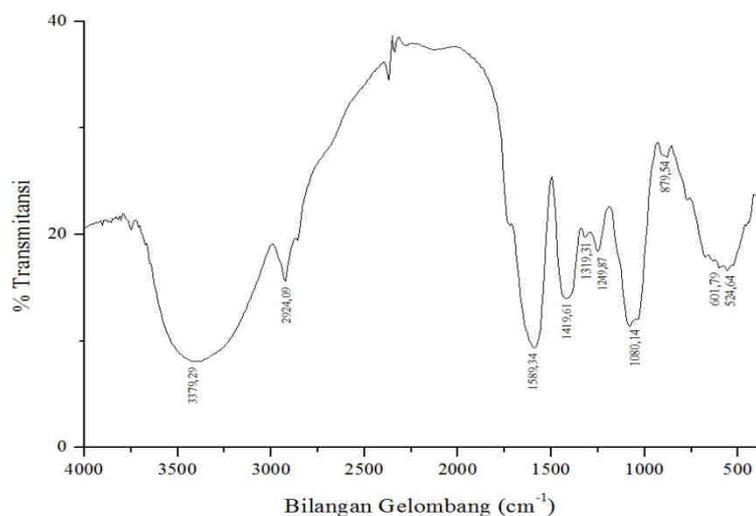
Hasil dan Pembahasan

Pembuatan Ekstrak Lidah Buaya

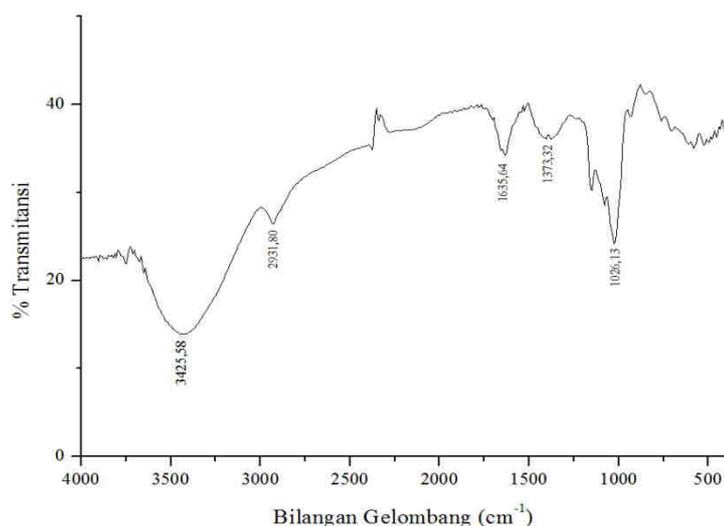
Gambar 1 menunjukkan spektrum ekstrak lidah buaya. Serapan yang menunjukkan adanya polisakarida *acemannan* yaitu berada pada bilangan gelombang antara 1589,34 cm⁻¹ dan 1080,14 cm⁻¹. Hal ini sesuai dengan penelitian [19] yang menjelaskan bahwa pita serapan senyawa *acemannan* berada disekitar bilangan gelombang 1635 cm⁻¹ dan 1078,53 cm⁻¹. Berdasarkan hasil spektrum FTIR pada gambar 1, maka dapat disimpulkan bahwa dalam ekstrak lidah buaya mengandung polisakarida (*acemannan*).

Pembuatan Pati Onggok Singkong

Gambar 2 merupakan spektrum dari pati onggok singkong. Serapan 3425,58 cm⁻¹, 2931,80 cm⁻¹ yang diperkuat pada serapan 1373,32 cm⁻¹, dan 1026,13 cm⁻¹, secara berurutan menunjukkan adanya gugus -OH (hidroksil), C-H (metil), dan C-O (eter) yang merupakan komponen penyusun pati.



Gambar 1. Spektrum FTIR ekstrak lidah buaya



Gambar 2. Spektrum FTIR pati ongkok singkong

Pembuatan Plastik Biodegradable

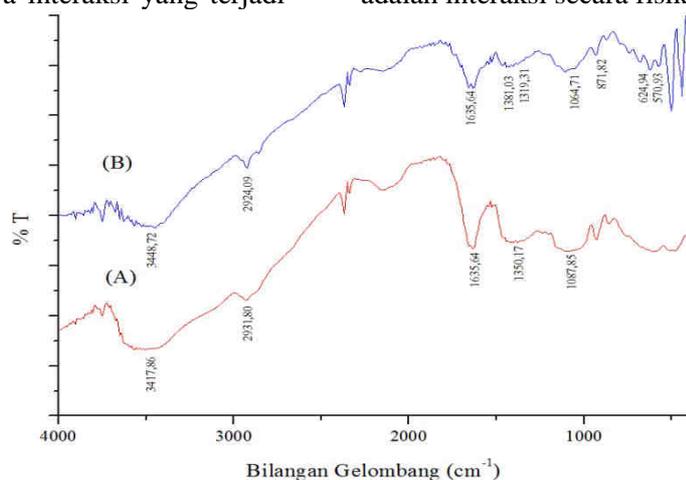
Metode yang digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* mengikuti metode yang telah dilakukan oleh Hasan [10] yaitu sintesis *polyblend*. Metode sintesis *polyblend* merupakan pencampuran bahan dalam jumlah dan perbandingan tertentu pada pembuatan plastik berbahan dasar pati. Gliserol dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai *plasticizer*, tetapi juga sebagai *crosslinking* antar molekul pati. *Crosslinking* dapat menjadikan pati lebih stabil terhadap proses pemanasan, pengasaman, dan pengadukan. Penambahan asam asetat berfungsi

sebagai terminator pada reaksi polimerisasi, yaitu memutuskan beberapa bagian dari ikatan glikosidik pati menjadi molekul pati yang lebih pendek, sehingga pencampuran pati dan gliserol lebih maksimal [11].

Analisis Plastik Biodegradable dengan FTIR

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa terdapat pergeseran beberapa gugus fungsi pada plastik *biodegradable* dengan penambahan ekstrak lidah buaya. Pergeseran semacam ini mengindikasikan adanya reaksi polimerisasi bahan plastik *biodegradable* pada saat dilakukan *blending*

dan mengindikasikan bahwa interaksi yang terjadi adalah interaksi secara fisik.



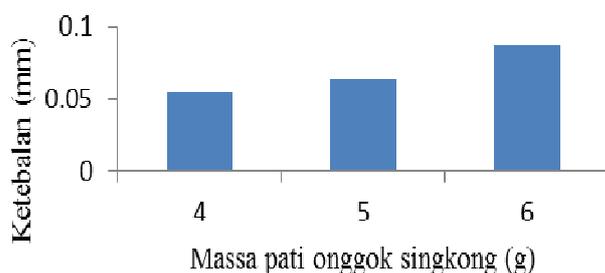
Gambar 3 Spektrum FTIR plastik *biodegradable* (a) tanpa ekstrak lidah buaya (b) dengan ekstrak lidah buaya

Karakterisasi Plastik *Biodegradable*

1. Variasi Pati Onggok Singkong

a. Ketebalan

Hasil penelitian ketebalan plastik *biodegradable* variasi pati onggok singkong menunjukkan bahwa nilai ketebalan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah pati onggok singkong yang digunakan. Tamaela dan Lewerissa [12], menjelaskan bahwa semakin meningkat konsentrasi bahan yang digunakan akan menyebabkan peningkatan ketebalan plastik. Peningkatan ketebalan terjadi disebabkan karena perbedaan konsentrasi bahan pembuat plastik, sedangkan volume larutan plastik yang dituangkan masing-masing plat sama.

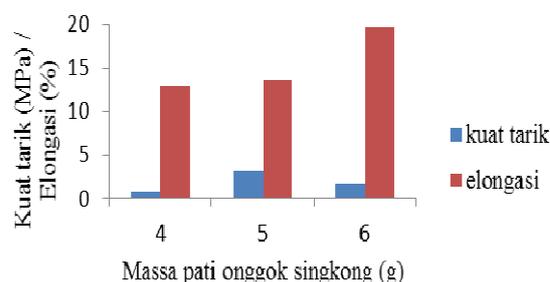


Gambar 4. Ketebalan plastik *biodegradable* variasi pati

b. Kuat Tarik dan Elongasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tarik meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi pati onggok singkong. Hal ini diduga terkait dengan meningkatnya kadar amilosa dalam larutan sehingga akan meningkatkan jumlah ikatan hidrogen yang terbentuk, membuat ikatan tersebut

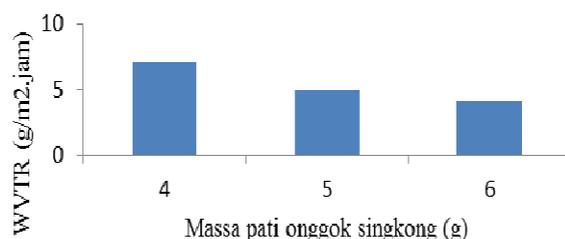
sukar untuk diputus. Akibatnya plastik yang diperoleh semakin kokoh sehingga diperlukan gaya yang lebih besar untuk memutuskan plastik tersebut [13].



Gambar 5. Kuat tarik dan elongasi plastik *biodegradable* variasi pati

c. Laju Transmisi Uap Air

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi pati onggok singkong yang ditambahkan maka nilai *WVTR* semakin rendah. Hal ini dimungkinkan karena semakin banyak pati yang ditambahkan, maka ketebalan plastik akan semakin meningkatkan sehingga migrasi uap air rendah dan nilai *WVTR* rendah [14]

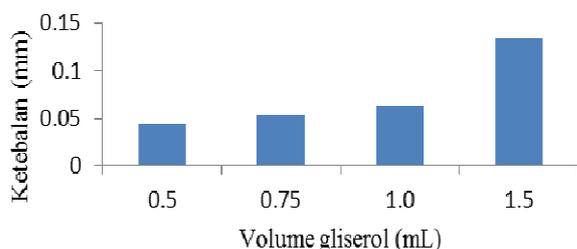


Gambar 6. WVTR plastik *biodegradable* variasi pati

2. Variasi Gliserol

a. Ketebalan

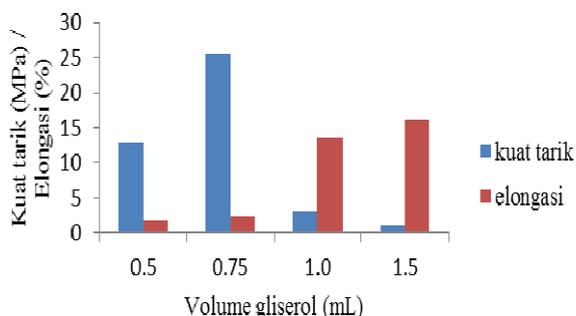
Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi gliserol yang ditambahkan, maka semakin tinggi pula ketebalan plastik yang dihasilkan. Seperti sudah dijelaskan sebelumnya, ketebalan plastik dipengaruhi oleh banyaknya total padatan dalam larutan dan ukuran cetakan.



Gambar 7. Ketebalan plastik *biodegradable* variasi gliserol

b. Kuat Tarik dan Elongasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tarik meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi gliserol, namun mengalami penurunan ketika mencapai titik kritisnya. Penurunan kuat tarik 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 [15].

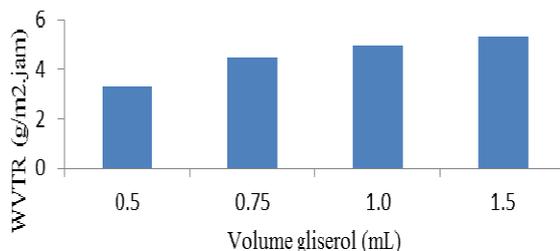


Gambar 8. Kuat tarik dan elongasi plastik *biodegradable* variasi gliserol

c. Laju Transmisi Uap Air

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai WVTR meningkat seiring dengan meningkatnya

konsentrasi gliserol yang ditambahkan. Hal ini disebabkan karena bahan pati yang digunakan dalam penelitian ini bersifat hidrofilik (menyukai air). Penambahan *plasticizer* gliserol juga menambah sifat hidrofilik plastik yang dibuat, menyebabkan air lebih mudah terserap dan WVTR tinggi.

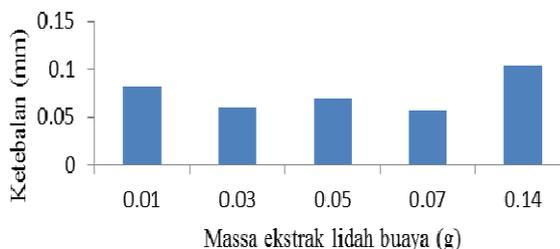


Gambar 9. WVTR plastik *biodegradable* variasi gliserol

3. Variasi Ekstrak Lidah Buaya

a. Ketebalan

Ketebalan plastik *biodegradable* dari variasi lidah buaya yang tidak beraturan. Ketidakteraturan ketebalan plastik *biodegradable* ini dapat disebabkan karena faktor penuangan larutan yang kurang merata ke dalam cetakan, sehingga ketebalan plastik yang didapatkan juga tidak sama [2].

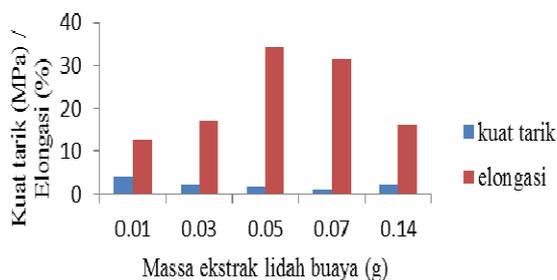


Gambar 10. Ketebalan plastik *biodegradable* variasi ekstrak lidah buaya

b. Kuat Tarik dan Elongasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tarik menurun seiring dengan bertambahnya ekstrak lidah buaya, sedangkan elongasinya meningkat dengan meningkatnya ekstrak lidah buaya yang ditambahkan. Hal ini dimungkinkan karena di dalam ekstrak lidah buaya terdapat polisakarida (*acemannan*) yang bersifat rapuh. Menurut penelitian Susatyo dan Nurhayati [15], *acemannan* dalam aloe vera bersifat rapuh, sehingga semakin banyak ekstrak lidah buaya yang ditambahkan, maka *acemannan* yang ada dalam

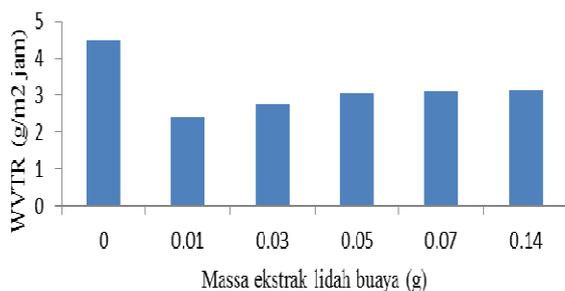
plastik juga semakin banyak, menyebabkan plastik menjadi rapuh dan kuat tariknya menurun.



Gambar 11. Kuat tarik dan elongasi plastik *biodegradable* variasi lidah buaya

c. Laju Transmisi Uap Air

Plastik *biodegradable* yang mengandung ekstrak lidah buaya memiliki *WVTR* yang lebih rendah dibandingkan dengan plastik *biodegradable* tanpa penambahan ekstrak lidah buaya (plastik kontrol). Hal ini karena plastik dengan penambahan ekstrak lidah buaya mempunyai ketebalan yang lebih tinggi dibandingkan dengan plastik kontrol [12]. Namun ketika semakin banyak ekstrak lidah buaya yang ditambahkan, nilai *WVTR* semakin meningkat. Hal ini dimungkinkan karena lidah buaya mengandung polisakarida *acemannan* yang bersifat hidrofilik [17] sehingga semakin menambah sifat hidrofilik plastik yang dibuat, menyebabkan air lebih mudah terserap dan *WVTR* meningkat [18].

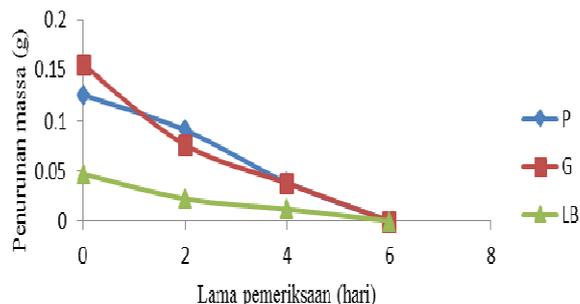


Gambar 12. *WVTR* plastik *biodegradable* variasi ekstrak lidah buaya

Uji Biodegradasi Plastik Biodegradable

Uji biodegradasi dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat plastik *biodegradable* terdegradasi oleh mikroorganisme di suatu lingkungan. Media yang digunakan adalah tanah karena di dalam tanah terdapat banyak jenis mikroorganisme (jamur, bakteri maupun alga) dan dalam jumlah yang banyak pula, sehingga akan menunjang proses

degradasi yang akan dilakukan [19]. Selain itu karena di dalam tanah terdapat jamur *Aspergillus niger* yang sangat berperan dalam proses degradasi plastik. *Aspergillus niger* mengandung enzim α -amilase yang dapat memecah ikatan glikosidik pada pati menjadi polimer yang lebih pendek (glukosa).



Gambar 13. Grafik penurunan massa plastik *biodegradable* dengan kuat tarik terbaik dari variasi pati onggok singkong (P), variasi gliserol (G), dan variasi ekstrak lidah buaya (LB)

Berdasarkan hasil uji statistik, tidak terdapat perbedaan massa degradasi yang signifikan antar ketiga jenis plastik *biodegradable*. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak lidah buaya yang ditambahkan tidak berpengaruh nyata terhadap massa degradasi plastik *biodegradable* yang dihasilkan. Hal tersebut dimungkinkan karena konsentrasi ekstrak lidah buaya yang ditambahkan terlalu kecil sehingga tidak terlalu berpengaruh. Dengan demikian, keunggulan dari plastik *biodegradable* dengan penambahan ekstrak lidah buaya ini tidak terletak pada massa degradasinya, melainkan pada sifat mekaniknya yaitu nilai elongasinya yang cukup tinggi dan nilai *WVTR* yang relatif rendah.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan bahwa sifat mekanik plastik *biodegradable* dipengaruhi oleh variasi pati, gliserol dan ekstrak lidah buaya dengan nilai laju transmisi uap air terendah 3,05 g/m².jam. Penambahan ekstrak lidah buaya tidak terlalu berpengaruh terhadap biodegradabilitas plastik *biodegradable* di tanah.

Pustaka

- [1] Widayari, Rucitra. 2010. Kajian Penambahan Onggok Termoplastis terhadap Karakteristik Plastik Komposit Polietilen. *Tesis*. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- [2] Anita, Z., Akbar, F., Harahap, H. 2013. Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi Dari Pati Kulit Singkong. Medan: Universitas Sumatera Utara. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 2, No. 2
- [3] Pudjiastuti, W. dan Supeni, G. 2005. Plastik Layak Santap (*Edible Plastic*) dari Tapioka Termodifikasi. Jakarta: Balai Besar Kimia dan Kemasan. *Prosiding Simposium Nasional Polimer V*. ISSN 1410-8720.
- [4] Skurtys, O., Acevedo C., Pedreschi F., Enrione J., Osorio F., Aguilera J. M. 2009. Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings. Santiago: Department of Food Science and Technology, Universidad de Santiago de Chile.
- [5] Kurniadi, Tedi. 2010. Kopolimerisasi Grafting Monomer Asam Akrilat pada Onggok Singkong dan Karakteristiknya. *Tesis*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [6] Itrat, Malik dan Zarnigar. 2013. Aloe vera: A Review of Its Clinical Effectiveness. Bangalore: National Institute of Unani Medicine India. *International Research Journal of Pharmacy*, 4 (8) ISSN 2230-8407.
- [7] Choche, Tanwi., Shende, Shubhnagee., Kadu, Pramod. 2013. Research and Reviews: Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. Mumbai: Department of Pharmaceutics. *Journal RRJPP*, Volume 2, Issue 1, January - March, 2014.
- [8] Femenia, A., Pablo G.P., Simal, S., Rosello, C. 2003. Effects of Heat Treatment and Dehydration on Bioactive Polysaccharide Acemannan and Cell Wall Polymers From *Aloe barbadensis* Miller. Valencia. *Journal Carbohydrate Polymer* 51, 397-405.
- [9] Embuscado, Milda C. and Huber, Kerry C. 2009. *Edible films and Coatings for Food Applications*. New York: Springer Dordrecht Heidelberg London. ISBN 978-0-387-92823-4.
- [10] Hasan, M., Arcana, I.M., Sulastri, Rusman, Hanum, L. 2007. Plastik Ramah Lingkungan dari Polikaprolakton dan Pati Tapioka dengan Penambahan *Refined Bleached and Deodorized Palm Oil* (RBDPO) as Natural *Plasticizer*. Bandung: ITB Bandung. *Jurnal Purifikasi*, Vol. 8, No. 2, Desember 2007: 133-138.
- [11] Kusnandar, Feri. 2010. *Kimia Pangan: Komponen Makro*. Jakarta: Dyan Rakyat.
- [12] Tamaela, Pieter dan Lewerissa, Sherly. 2008. Karakteristik *Edible Film* dari Karagenan. Maluku: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura. *Jurnal Ichthyos*, Vol. 7, No. 1: 27-30.
- [13] Darni, Yuli dan Utami, Herti. 2010. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. Lampung: Universitas Lampung. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, Vol. 7, No. 4, hal. 190-195, 2010 ISSN 1412-5064.
- [14] Siswanti, Anandito, R.B.K., Manuhara, G.J. 2012. Karakterisasi *Edible Film* Komposit dari Glukomannan Umbi Iles-Iles (*Amorphopallus muelleri* Blume) dan Maizena. Sukoharjo: Universitas Veteran Bangun Nusantara. *Proceeding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*. ISBN: 978-602-99172-7-7.
- [15] Bourtoom, T. 2008. Edible Films Coatings: Characteristics and Properties. Songkhla: Department of Material Product Technology, Prince of Songkhla University. *International Food Research Journal* Vol. 15(3).
- [16] Susatyo, E.B. dan Nurhayati, N. 2013. Sintesis Membran Nata *Aloe vera*-Etilendiamin dan Karakterisasinya. Semarang: Universitas Negeri Semarang. *Jurnal MIPA* 36 (1): 70-77 (2013). ISSN 0215-9945.
- [17] Yanuarda, A., Purwadi, Rosyidi, D. 2008. Pengaruh Tingkat Penggunaan Gel Lidah Buaya (*Aloe barbadensis* Miller) sebagai *Stabilizers* pada Es Krim Ditinjau dari Viskositas, Overrun, Kecepatan Meleleh dan Total Padatan. Malang: Universitas Brawijaya.
- [18] Wirawan, Sang K., Prasetya, Agus dan Ernie. 2012. Pengaruh *Plasticizer* pada Karakteristik *Edible Film* dari Pektin. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada. *Journal Reaktor*, Vol. 14, No. 1, April 2012, Hal. 61-67.
- [19] Ray, Anirban dan Aswatha, S.M. 2013. An Analysis of The Influence of Growth Periods on Physical Appearance, Acemannan and Elemental Distribution of *Aloe vera* L. Gel. West Bengal. *Journal Industrial Crops and Products* 48 (2013) 36-42.