

STUDI PEMBUATAN BAHAN ALTERNATIF PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI PATI UBI JALAR DENGAN *PLASTICIZER GLISEROL* DENGAN METODE *MELT INTERCALATION*

Samsul Aripin¹, Bungaran Saing², Elvi Kustiyah³

1,2,3Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Jakarta

E-mail: ¹samsulaipin27@gmail.com, ²bungaran.saing@yahoo.com, ³elvikustiyah@hotmail.com

Abstrak -- *Masalah lingkungan dari pembuangan limbah plastik turunan minyak bumi telah menjadi isu penting karena sifatnya yang sulit diuraikan. Oleh karena itu, upaya telah dilakukan untuk mempercepat tingkat degradasi material polimer dengan mengganti beberapa atau seluruh polimer sintetis dengan polimer alami. Pati merupakan salah satu polimer alami yang dapat digunakan untuk produksi material biodegradable karena sifatnya yang mudah terdegradasi, melimpah, dan terjangkau namun memiliki kekurangan seperti kuatnya perilaku hidrofilik dan sifat mekanis yang lebih buruk. Untuk meningkatkan kekuatan mekanis pada pati, sejumlah kecil pegisi (filler) berupa bahan penguat biasanya ditambahkan ke dalam matriks polimer. Oleh karena itu, bioplastik disiapkan dengan pencampuran pati ubi jalar sebagai matriks, gliserol sebagai pemlastis, dan kitosan sebagai pengisi (filler) melalui metode melt intercalation. Variasi konsentrasi gliserol dan kitosan mempengaruhi sifat mekanis dan biodegradabilitas bioplastik. Ketika gliserol divariasikan dari 0,5% menjadi 1,5% kekuatan tarik menurun dari 19,23 MPa menjadi 8,83 Mpa, sedangkan nilai elongasi meningkat dari 0% menjadi 39,16%. Sebaliknya pada saat variasi konsentrasi kitosan dari 1% menjadi 2% kekuatan tarik meningkat dari 4,90 MPa menjadi 5,60 MPa, dan pada saat konsentrasi kitosan 3% nilai kuat tarik menurun menjadi 4,22 MPa, sedangkan nilai elongasi mengalami penurunan yaitu 32,62%, 16,60% dan 8,35%. Biodegradabilitas bioplastik dengan variasi plasticizer gliserol mencapai 2,50 % dalam waktu 8 hari. Sedangkan bioplastik pada variasi konsentrasi kitosan mempunyai biodegradabilitas 1,63% dalam waktu 8 hari.*

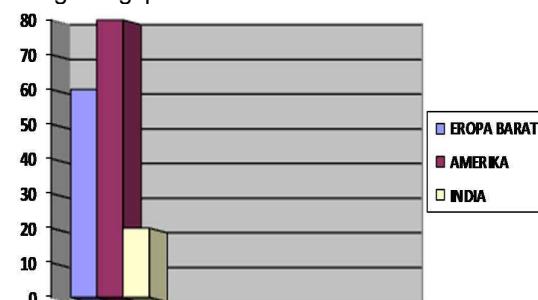
Kata kunci : *biodegradabel, bioplastik, melt intercalation, pati, pemlastis*

1. PENDAHULUAN

Plastik adalah bahan yang banyak sekali digunakan dalam kehidupan manusia. Plastik dapat digunakan sebagai peralatan dalam kehidupan sehari-hari yang bersifat relatif kuat, ringan, dan mempunyai harga yang murah. Dalam bidang pertanian, plastikpun tidak ketinggalan mengambil peran seperti untuk mulse, green house dan polybag sehingga terjadi peningkatan produksi pertanian. Dalam kehidupan sehari-hari penggunaan plastik sebagai packaging seperti botol, lunch box, kantong plastik dan berbagai jenis kemasan lainnya. Plastik merupakan bahan yang relatif nondegradable sehingga pemanfaatan plastik harus diperhatikan mengingat besarnya limbah yang dihasilkannya. Plastik merupakan material baru yang secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 (Kyrikou, 2007).

Plastik yang digunakan saat ini merupakan polimer sintetis dari bahan baku minyak bumi yang terbatas jumlahnya dan tidak dapat diperbaharui. Maka, dibutuhkan adanya alternatif bahan plastik yang diperoleh dari bahan yang mudah didapat dan tersedia di alam dalam jumlah besar dan murah tetapi mampu menghasilkan produk dengan kekuatan yang sama yaitu bioplastik (Martaningtyias, 2004). Bioplastik adalah plastik atau polimer yang secara alamiah dapat dengan mudah terdegradasi baik melalui serangan mikroorganisme maupun oleh cuaca

(kelembapan dan radiasi sinar matahari). Bioplastik dapat diperoleh dengan cara pencampuran pati dengan selulosa, gelatin dan jenis biopolimer lainnya yang dapat memperbaiki kekurangan dari sifat plastik berbahan pati (Ban, 2006 dalam Ummah Al Nathiqoh). Pada penelitian ini akan dipreparasi plastik biodegradable berbahan pati ubi jalar dan plasticizer gliserol. Plastik berbahan pati ubi jalar, penguat kitosan dan plasticizer gliserol diharapkan dapat memberikan dampak baik bagi lingkungn dan mengurangi plastik sintetis.



Gambar 1. Grafik Penggunaan Plastik
dibeberapa Negara (kg/orang/tahun)
(Sumber: Kyrikou, 2007)

2. PENELITIAN SEBELUMNYA

Biodegradable dapat diartikan dari tiga kata yaitu bio yang berarti makhluk hidup, degra yang berarti terurai dan able berarti dapat. Jadi, film

biodegradable plastik adalah film plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme. Film plastik ini, biasanya digunakan untuk pengemasan. Kelebihan film plastik antara lain tidak mudah ditembus uap air sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengemas (Mahalik, 2009 dalam Agustina Putri Serly, 2014).

(Griffin, 1994 dalam Aryani Riski, 2014), plastik *biodegradable* adalah suatu bahan dalam kondisi tertentu, waktu tertentu mengalami perubahan dalam struktur kimianya, yang mempengaruhi sifat-sifat yang dimilikinya karena pengaruh mikroorganisme (bakteri, jamur, alga). Menurut (Seal, 1994 dalam Aryani Putri, 2014), kemasan plastik *biodegradable* adalah suatu material polimer yang merubah pada senyawa yang berat molekul rendah dimana paling sedikit satu tahap pada proses degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami.

Plastik *biodegradable* berbahan dasar pati/amilum dapat didegradasi oleh bakteri *pseudomonas* dan *bacillus* memutus rantai polimer menjadi monomer – monomernya. Senyawa-senyawa hasil degradasi polimer selain menghasilkan karbon dioksida dan air, juga menghasilkan senyawa organik lain yaitu asam organik dan aldehid yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Sebagai perbandingan, plastik tradisional membutuhkan waktu sekitar 50 tahun agar dapat terdekomposisi alam, sementara plastik biodegradable dapat terdekomposisi 10 hingga 20 kali lebih cepat. Plastik *biodegradable* yang terbakar tidak menghasilkan senyawa kimia berbahaya. Kualitas tanah akan meningkat dengan adanya plastik *biodegradable*, karena hasil penguraian mikroorganisme meningkatkan unsur hara dalam tanah.

Tabel 1. Hasil pengujian komposisi kandungan dari Pati Ubi Jalar (Zulfa, 2011)

Parameter	Hasil (%)
Air	11.4
Abu	0.48
Protein	0.50
Lemak	0.07
Karbohidrat	87.5
Amilosa	11.6
Amilopektin	76.2

Pati (amilum) mempunyai rumus molekul (C₆H₁₀O₅)_n, banyak terdapat dalam biji, umbi, akar dan jaringan batang tanaman (Pasaribu, 2009). Komponen-komponen yang menyusun pati adalah amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan komponen pati yang mempunyai rantai lurus dan larut dalam air. Amilosa terdiri dari satuan glukosa yang bergabung melalui ikatan α -(1,4)-D- glukosa. Amilosa memberi sifat keras, dan memiliki berat molekul rata rata 10.000 – 60.000. Sedangkan amilopektin merupakan komponen pati yang mempunyai rantai cabang,

amilopektin menyebabkan sifat lengket, tidak larut dalam air dingin, dan mempunyai berat molekul 60.000-100.000 (Zulfa, 2011). Amilopektin terdiri dari satuan glukosa yang bergabung melalui ikatan α -(1,4)-D-glukosa dan β -(1,6)-D-glukosa (Ben & Z., 2007).

Plasticizer gliserol berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hydrogen dan meningkatkan jarak antara molekul dari polimer. Semakin banyak penggunaan plasticizer maka akan meningkatkan kelarutan terutama yang bersifat hidrofilik akan meningkatkan kelarutan dalam air. Gliserol memberikan kelarutan yang tinggi dibandingkan sorbitol pada bioplastik berbasis pati (Bourtoom, 2007).

Interaksi antara polimer dengan pemlastis dipengaruhi oleh sifat afinitas kedua komponen, apabila afinitas polimer pemlastis tidak kuat maka akan terjadi plastisasi antara struktur (Molekul pemlastis hanya terdistribusi diantara struktur). Plastisasi ini hanya mempengaruhi gerakan dan mobilitas struktur. Jika terjadi interaksi polimer-polimer cukup kuat, maka molekul pemlastis akan terdifusi kedalam rantai polimer.

Gelatinisasi adalah perubahan yang terjadi pada granula pada waktu terjadi kenaikan yang luar biasa dan tidak dapat kembali kebentuk semula. (Winarno, 2002). Suhu gelatinisasi adalah suhu pada saat granula pati pecah dan berbeda-beda bagi setiap pati serta merupakan suatu kisaran. Viskometer suhu gelatinisasi dapat ditentukan, misalnya pada jagung 62-70 °C, kentang 58-66°C dan Ubi jalar 80-90°C (Winarno, 2002).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Pati ubi jalar, kitosan, plasticizer gliserol, asam asetat 1%, aquades.

3.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: magnetic stirrer, ayakan mesh, oven, neraca analitik, gelas beker, cawan, spatula, termometer, cetakan ukuran 20x20 cm.

3.3 Prosedur Penelitian

a. Pembuatan Bahan Baku

Pembuatan bahan baku dimulai dari memisahkan pati ubi jalar dengan ampasnya yaitu dengan cara mengekstraksi pati. Pengambilan kandungan pati dari pati ubi jalar dapat dilakukan dengan mengupas ubi jalar, kemudian mencuci bagian ubi jalarnya kemudian memarut daging ubi jalar hingga halus. Setelah halus menambahkan air

pada bahan yang sudah diparut dengan perbandingan 1 kg bahan: 2 liter air. Melakukan penyaringan menggunakan kain saring sampai diperoleh ampas dan cairan (suspensi pati), setelah itu mengekstraksi kembali ampas yang diperoleh dari proses penyaringan dengan penambahan air (1 kg ampas: 2 liter air), kemudian menyaring kembali untuk mendapatkan pati. Mencampurkan cairan pati yang diperoleh dari penyaringan pertama dan kedua dan mengendapkannya selama 1 jam, kemudian air hasil pengendapan dibuang sehingga diperoleh pati basah, tahap terakhir yaitu mengeringkan pati.

b. Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik menggunakan metode pembuatan film plastik biodegradable yaitu *melt intercalation* yaitu teknik inversi fasa dengan penguapan pelarut setelah proses pencetakan yang dilakukan pada plat kaca. Metode pembuatan film plastik biodegradable ini didasarkan pada prinsip termodinamika larutan dimana keadaan awal larutan stabil kemudian mengalami ketidakstabilan pada proses perubahan fase (demixing), dari air menjadi padat. Proses pemanatannya (solidifikasi) diawali transisi fase cair satu ke fase dua cairan (liquid-liquid demixing) sehingga pada tahap tertentu fase (polimer konsentrasi tinggi) akan membentuk padatan.

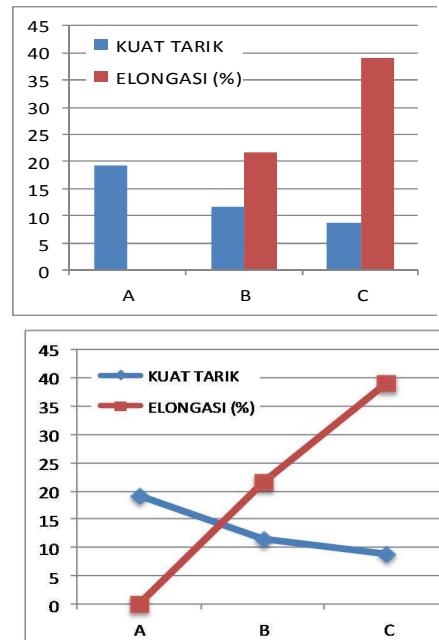
Proses pembuatan bioplastik dengan variasi konsentrasi gliserol dilakukan dengan mencampurkan 2% kitosan dengan gliserol yang massanya divariasikan 0,5, 1, dan 1,5 (%v/v) dan 100 ml aquadest, menambahkan Asama setat 1 % kedalam campuran tersebut agar kitosan larut sempurna. Kemudian menambahkan pati ubi jalar 5 gram, lalu memanaskan pada suhu 80-90°C, dan melakukan pengadukan dengan *stirrer* selama 40 menit. Sebelum campuran dilakukan pencetakan didiamkan terlebih dahulu selama 5 menit untuk menghindari adanya gelembung-gelembung pada plastik. Menuangkan campuran yang telah diaduk pada cetakan ukuran 20x20 cm, lalu mengeringkan campuran dalam oven dengan suhu 40-50° C selama 5 jam. Tahap terakhir adalah mengeluarkan campuran dari oven, kemudian membiarkan pada suhu kamar hingga campuran dapat dilepas dari cetakan.

Proses pembuatan bioplastik dengan variasi kitosan dilakukan dengan mencampurkan gliserol 2% dengan kitosan yang massanya divariasikan 1, 2, dan 3 (%w/v) dan 100 ml aquades. Setelah itu menambahkan Asam asetat 1% kedalam campuran tersebut agar kitosan larut sempurna, lalu menambahkan pati ubi jalar 5 gram kemudian memanaskan pada suhu 80-90°C, dan melakukan pengadukan dengan *stirrer* selama 40 menit. Sebelum campuran dilakukan pencetakan didiamkan terlebih dahulu selama 5 menit untuk

menghindari adanya gelembung-gelembung pada plastik, lalu menuangkan campuran yang telah diaduk pada cetakan ukuran 20x20 cm. tahap selanjutnya mengeringkan campuran dalam oven dengan suhu 40-50° C selama 5 jam, tahap terakhir yaitu mengeluarkan campuran dari oven, kemudian membiarkan pada suhu kamar hingga campuran dapat dilepas dari cetakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan ini meliputi hasil analisa yang dilakukan dalam penelitian pembuatan bioplastik. Analisa tersebut meliputi uji mekanik yang terdiri dari kuat tarik dan elongasi, serta analisa uji *biodegradability*.

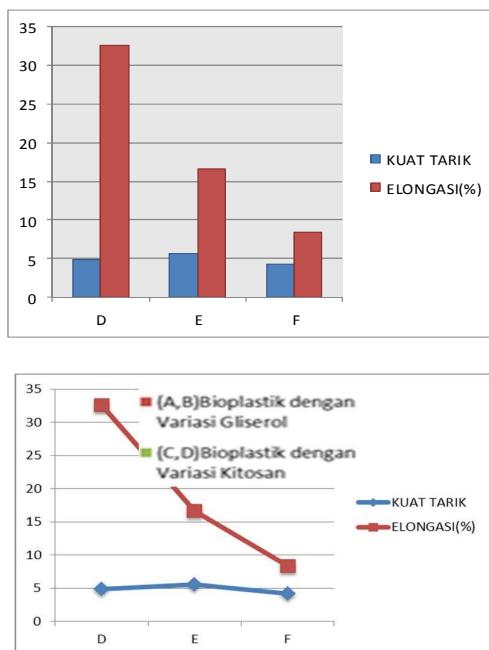


Gambar 2. Pengaruh konsentrasi Gliserol sebagai Plasticizer terhadap Kuat Tarik dan Elongasi Bioplastik

Dari Gambar 2, pengaruh penambahan konsentrasi plasticizer gliserol terhadap sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan menunjukkan sifat yang berkebalikan antara kuat tarik dan elongasi. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan nilai elongasi seiring dengan penambahan konsentrasi gliserol, yaitu gliserol 0,5 % tidak mempunyai nilai elongasi, diikuti dengan gliserol 1% dengan nilai elongasi 21,66% dan terakhir gliserol 1,5% dengan nilai elongasi 39,16%.

Sedangkan nilai kuat tarik bioplastik menunjukkan hal yang berlawanan dengan nilai elongasi bioplastik. Hasil kuat tarik bioplastik mengalami penurunan seiring bertambahnya konsentrasi gliserol. Bioplastik dengan plasticizer 0,5% gliserol mempunyai kuat tarik sebesar 19,23 MPa. Penambahan konsentrasi gliserol selanjutnya menyebabkan penurunan nilai kuat

tarik menjadi 11,58 MPa pada bioplastik dengan konsentrasi 1% gliserol dan terakhir penambahan konsentrasi bioplastik menjadi 1,5% gliserol nilai kuat tariknya menjadi 8,83 MPa.

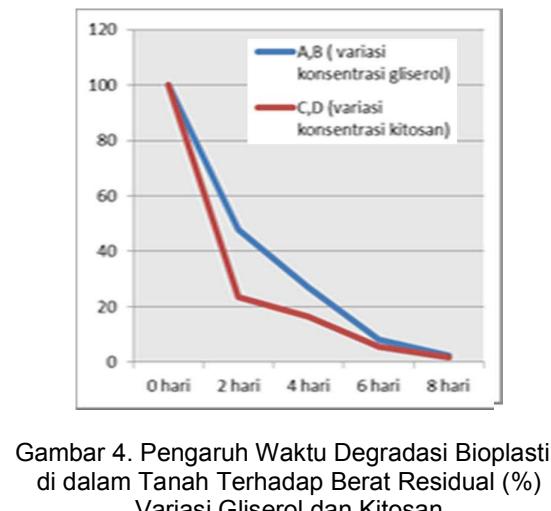
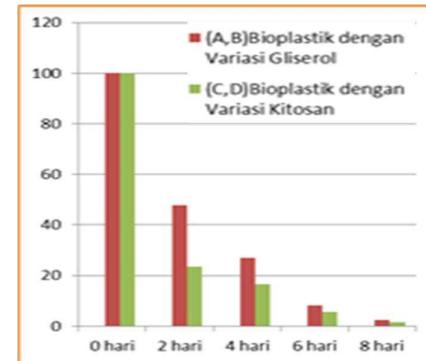


Gambar 3. Pengaruh konsentrasi Kitosan sebagai Penguat terhadap Kuat Tarik dan Elongasi Bioplastik

Pada Gambar 3 pengaruh penambahan konsentrasi penguat kitosan terhadap sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan menunjukkan sifat yang berlawanan antara kuat tarik dan elongasinya. Nilai kuat tarik meningkat seiring bertambahnya konsentrasi kitosan, akan tetapi pada konsentrasi kitosan 3% nilai kuat tarik justru menurun lebih kecil dibanding dengan konsentrasi sebelumnya yaitu 1% dan 2% kitosan. Kuat tarik bioplastik pada konsentrasi 1% kitosan yaitu 4,90 MPa, kemudian terjadi penambahan nilai kuat tarik pada konsentrasi 2% kitosan menjadi 5,60 MPa. Pada konsentrasi kitosan 3% nilai kuat tarik justru mengalami penurunan menjadi 4,22 MPa, hal ini tidak sesuai dengan literatur yang ada bahwa penambahan konsentrasi kitosan sebagai penguat akan meningkatkan nilai kuat tarik. Ada beberapa faktor dalam penelitian ini yang menjadikan penurunan nilai kuat tarik pada saat konsentrasi 3% yaitu pada saat proses pengadukan dan pemanasan diatas stirrer larutan bioplastik sangat kental sekali dibanding dengan bioplastik dengan konsentrasi dibawah 3% sehingga pada saat pengadukan oleh magnetic stirrer susah diaduk dan menjadi kurang homogen, pada saat dicetak bioplastik juga susah dicetak karena larutan sangat kental. Selain itu proses pemanasan dan pengeringan bioplastik juga mempengaruhi terhadap sifat mekanik dan morfologi bioplastik.

Sedangkan nilai elongasi bioplastik menunjukkan hal yang berlawanan dengan nilai kuat tarik bioplastik. Nilai elongasi mengalami penurunan seiring penambahan konsentrasi kitosan sebagai penguat. Nilai elongasi bioplastik pada saat konsentrasi 1% adalah 32,62 %, diikuti dengan penurunan nilai elongasi pada saat konsentrasi kitosan 2% menjadi 16,60 % dan terakhir nilai elongasi menjadi 8,35 % pada saat konsentrasi kitosan 3%.

Terjadinya perubahan sifat mekanik bioplastik dengan penguat kitosan tersebut disebabkan oleh pengaruh banyaknya penguat yang digunakan. Konsentrasi penguat yang semakin meningkat mengakibatkan kuat tarik yang semakin meningkat sebaliknya nilai elongasi menjadi menurun.



Gambar 4. Pengaruh Waktu Degradasi Bioplastik di dalam Tanah Terhadap Berat Residual (%) Variasi Gliserol dan Kitosan

Gambar 4 menunjukkan tingkat biodegradabilitas dari bioplastik dengan variasi konsentrasi gliserol dan variasi konsentrasi kitosan. Pada bioplastik C, D dengan variasi kitosan 1 dan 2% serta variable tetapnya gliserol 2 % menunjukkan tingkat degradability yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan bioplastik A,B dengan variasi gliserol 0,5 dan 1% dengan variable tetap kitosan 2%. Pada saat variasi kitosan 1% dan 2% dengan variable tetap gliserol yang lebih besar yaitu 2% lebih cepat terdegradasi didalam tanah, hal ini terjadi karena pati yang

terdiri dari amilosa dan amilopektin serta gliserol sama-sama mempunya gugus hidroksil OH yang menginisiasi reaksi hidrolisis setelah mengabsorpsi air dari tanah. Pati yang merupakan gugus hidroksil OH akan terdekomposisi menjadi potongan-potongan kecil hingga menghilang dalam tanah. Polimer akan terdegradasi karena proses kerusakan atau penurunan mutu karena putusnya ikatan rantai pada polimer (Marhamah, 2008). Sedangkan kitosan sebagai penguat dalam bioplastik akan lebih lama terdegradasi dibanding dengan pati dan gliserol. Proses dekomposisi tidak membutuhkan waktu yang cukup lama karena selain matrik pati ubi jalar, dan penguat kitosan, terdapat gliserol sebagai plasticizer yang menyumbangkan gugus OH karena sifatnya hidrofilik dengan pati (Ardiansyah, 2001).

Gambar 5 adalah gambar dari bioplastik setelah terdegradasi didalam tanah setelah beberapa hari. Bioplastik mengalami pengurangan masa dan secara visual mengalami perubahan warna dan bentuk.



Gambar 5. Bioplastik setelah terdegradasi didalam tanah setelah beberapa hari

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Sifat mekanik terbaik dari bioplastik dengan variasi konsentrasi plasticizer gliserol diperoleh pada konsentrasi gliserol 0,5%, yaitu kuat tarik 19,23 MPa, sedangkan nilai elongasi terbaik diperoleh pada saat variasi gliserol 1,5% yaitu 39,16%. Bioplastik pada saat variasi konsentrasi kitosan diperoleh sifat mekanik terbaik yaitu nilai kuat terbaik pada saat konsentrasi kitosan 2% yaitu 5,60 MPa, sedangkan nilai elongasi terbaik pada saat konsentrasi kitosan 1% yaitu 32,62%. Nilai elongasi bioplastik akan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi gliserol (0,5, 1 dan 1,5%), yaitu 0, 21,66% dan 39,16%, kemudian akan menurun seiring bertambahnya konsentrasi kitosan (1%, 2% dan 3%) yaitu 32,62%, 16,60% dan 8,35%. Sedangkan nilai kuat tarik sebaliknya pada saat penambahan konsentrasi gliserol nilai kuat tarik semakin menurun yaitu 19,23 Mpa, 11,58 Mpa dan 8,83 Mpa, sedangkan pada saat variasi kitosan semakin banyak kitosan yang ditambahkan nilai kuat tarik meningkat dari 4,90

Mpa menjadi 5,60 Mpa tetapi pada saat konsentrasi kitosan 3% nilai kuat tarik menurun menjadi 4,22 Mpa.

Dari hasil uji biodegradabilitas, tingkat biodegradabilitas bioplastik pada variasi kitosan lebih optimal jika dibandingkan dengan bioplastik pada variasi gliserol. Biodegradabilitas bioplastik dengan variasi plasticizer gliserol mencapai 2,50 % dalam waktu 8 hari. Sedangkan bioplastik pada variasi konsentrasi kitosan mempunyai biodegradabilitas 1,63% dalam waktu 8 hari.

4.2 Saran

Pengujian bioplastik yang baik sebaiknya menggunakan waktu lama pengeringan sampel bioplastik yang sama. Misalnya, jika lama pengeringan bioplastik selama 5 hari maka semua sampel bioplastik setelah 5 hari pengeringan segera diuji sifat mekaniknya. Karena jika tidak langsung diuji dan didiamkan dulu selama beberapa hari akan berpengaruh terhadap nilai mekaniknya, kemudian untuk penelitian selanjutnya sebaiknya mengganti penguat kitosan dengan bahan yang lain untuk menghasilkan bioplastik yang mempunyai nilai mekanik yang optimal. Sebaiknya juga dicari cara untuk menjernihkan warna bioplastik yang dihasilkan, dari berwarna kecoklatan menjadi transparan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Zulfa, Z. (2011). *Pemanfaatan Pati Ubi Jalar untuk Pembuatan Biokomposit Semikonduktor*. Depok: Universitas Indonesia.
- [2]. Ardiansyah, R. (2011). *Pemanfaatan Pati Umbi Garut untuk Pembuatan Plastik Biodegradable*. Depok: Universitas Indonesia.
- [3]. Pasaribu, F. (2009). *Peranan Gliserol Sebagai Plastisizer Dalam Film Pati Jagung Dengan Pengisi Serbuk Halus Tongkol Jagung*. Medan: Sekolah PascaSarjana Universitas Sumatera Utara.
- [4]. Wirjosentono, B. (1995). *Perkembangan Industri Polimer di Indonesia*. Medan: FMIPA USU.
- [5]. Ani Purwanti. (2010). *Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol*. Yogyakarta: Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
- [6]. Ganda, M dan Lizda, M. (2013). *Pengembangan Plastik Photobiodegradable Berbahan dasar Umbi Ubi Jalar*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [7]. Ben, E., & Z., H. A. (2007). Studi Awal Pemisahan Amilosa dan Amilopektin Pati Singkong Dengan Fraksinasi Butanol-Air. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*, 12, 1-11.

- [8]. Rinaldi, B & Gita, M. (2014). Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Kekuatan Tarik dan Pemanjangan Saat Putus
- [9]. Bioplastik dari Pati Umbi Talas. *Jurnal Teknik Kimia US*, Vol.3, No 2.
- [10]. Darni, Y., Utami, H., & Asriah, S. N. (2009). *Peningkatan Hidrofobisitas dan Sifat Fisik Plastik Biodegradabel Pati Tapioka dengan Penambahan Selulosa Residu Rumput Laut Euchema spinosum*. Universitas Lampung, Teknik Kimia. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- [11]. Darni Y. dan Herti Utami. 2010. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 7(4): 88-93.
- [12]. Sanjaya, I Gede M.H. dan Tyas Puspita, 2009. Pengaruh penambahan Kitosan dan Plasticizer gliserol pada Karakterisasi Plastik Biodegradable Dari Pati Limbah Kulit Singkong. *Jurnal FTII-ITS*.
- [13]. Seigel, Emma and Lisa Barrow. 2007. *Biodegradable Plastics*. Online. Artikel diunduh tanggal 8 Agustus 2016.
- [14]. Seigel, Emma and Lisa Barrow. 2007. *Biodegradable Plastics*. Online. Artikel diunduh tanggal 8 Agustus 2016.