

PENGARUH PENAMBAHAN GLISERIN DAN KECEPATAN PENGADUKAN TERHADAP KUAT TARIK, KEMULURAN, BIODEGRADASI PADA PROSES PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI LIMBAH KULIT SINGKONG

Ardian Trihudi Wibowo, Ganjar Andaka

Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

email : diyon776@gmail.com

INTISARI

Plastik merupakan senyawa sintesis yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai keperluan manusia, mulai dari keperluan rumah tangga hingga industri. Namun, terlepas dari manfaatnya yang banyak, plastik konvensional dapat menimbulkan berbagai masalah mulai dari keamanan produk bagi kesehatan hingga masalah limbah. Oleh karena itu, perlu dilakukan antisipasi dengan berbagai upaya untuk menanggulangi permasalahan yang timbul. Salah satunya dengan menggantikan penggunaan plastik konvensional dengan plastik *biodegradable* yang aman bagi kesehatan dan ramah lingkungan. Sebelumnya, plastik *biodegradable* telah dibuat dari berbagai sumber yang berbeda namun bahan dasar bioplastik yang digunakan masih sulit didapatkan. Jadi perlu adanya inovasi dalam pembuatan plastik *biodegradable*.

Plastik *Biodegradable* dalam penelitian ini dibuat dari pati limbah kulit singkong, dengan *plastilizer* gliserin. Penelitian dilakukan dengan variabel penambahan gliserin dan kecepatan pengadukan untuk mengetahui kondisi optimal agar dapat dihasilkan plastik *biodegradable* dengan kualitas yang baik. Tahapan dalam proses pembuatannya meliputi preparasi bahan (pembuatan pati limbah kulit singkong), pencampuran dan pemanasan bahan, pencetakan, dan pengeringan bioplastik, serta pengujian.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dengan menggunakan suhu proses 60C, waktu proses 30 menit, massa pati 10 g, volume pelarut 100 mL asam asetat 0,05%, dan kecepatan pengadukan sebesar 600 rpm, didapat kuat tarik tertinggi pada penambahan gliserin sebanyak 2 mL yaitu 9,12 MPa dan kemuluran tertinggi pada penambahan gliserin sebanyak 5 mL yaitu 24,07%. Sedangkan pada variabel kecepatan pengadukan didapat nilai kuat tarik dan kemuluran tertinggi pada kecepatan pengadukan 600 rpm diperoleh kuat tarik sebesar 3,77 MPa dan kemuluran 23,15%.

Kata kunci: *biodegradable*, plastik, pati, kuat tarik, kemuluran

PENDAHULUAN

Pada era sekarang ini, penggunaan plastik didalam kehidupan sehari-hari semakin meningkat. Plastik sering digunakan untuk proses pengemasan. Hal tersebut dikarenakan sifat plastik yang unggul seperti ringan tetapi kuat, transparan, tahan air, fleksibel (mengikuti bentuk produk), tidak korosif serta harganya relatif murah dan terjangkau oleh semua kalangan masyarakat (Syamsir, 2008).

Terlepas dari sifat plastik yang memiliki keunggulan, plastik konvensional memiliki beberapa kelemahan, mulai dari keamanan produk untuk kesehatan sampai masalah limbah plastik. Sebagian besar produk pangan berinteraksi dengan kemasannya yang memungkinkan terjadinya migrasi atau perpindahan bahan kimia baik dari monomer, polimer atau aditif kemasan, merupakan salah satu mekanisme yang digunakan untuk menjelaskan interaksi antara kemasan dengan produk terkemas. Faktor-faktor yang mempengaruhi migrasi komponen kemasan kedalam produk adalah jenis dan konsentrasi komponen kemasan, karakteristik pangan yang

dikemas serta suhu, waktu penyimpanan dan parameter lingkungan lainnya (Winarno, 1991).

Setiap harinya produksi dan penggunaan plastik semakin meningkat. Dengan adanya hal itu peningkatan limbah plastik tidak dapat dikontrol. Sampah plastik rata-rata memiliki porsi sekitar 10 persen dari total volume sampah. Dari jumlah itu, sangat sedikit yang dapat didaur ulang. Padahal plastik konvensional merupakan bahan yang tidak dapat terdegradasi dengan cepat secara alami, dan juga proses pembuatannya menggunakan minyak bumi, yang ketersediaannya semakin berkurang dan sulit untuk diperbaharui (*non-renewable*). Butuh 300-500 tahun agar bisa terdekomposisi atau terurai sempurna. Membakar plastik pun bukan pilihan baik. Plastik yang tidak sempurna terbakar, di bawah 800 derajat Celsius akan membentuk dioksin. Senyawa inilah yang berbahaya (Vedder, 2008).

Berbagai hal di atas menuntut suatu solusi dalam menghasilkan plastik yang mudah diuraikan sempurna dalam waktu singkat, dengan mutu baik (menambah kekuatan dan daya tahan mekanik), serta berasal dari bahan

selain sumber energi fosil. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menyelamatkan lingkungan dari bahaya plastik adalah dengan menerapkan plastik ramah lingkungan (plastik *biodegradable*).

Plastik *biodegradable* merupakan sebuah plastik yang dapat diuraikan kembali oleh mikroorganisme secara alami menjadi senyawa yang ramah lingkungan. Terdapat beberapa penelitian yang mengembangkan pembuatan bioplastik diantaranya *Biodgradable plastic dari buah gayam dan gliserol* (Abadi, 2017) dan *Pengaruh variasi komposisi gliserol dengan pati dari bonggol pisang, tongkol jagung, dan enceng gondok terhadap sifat fisis dan mekanis plastik biodegradable* (Wardah, 2015), namun bahan dasar bioplastik yang digunakan susah didapatkan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan melakukan pembuatan plastik *biodegradable* dari pati limbah kulit singkong yang berasal dari sisa kuoasan singkong yang berada di Pasar Telo Karangjaten, Yogyakarta penambahan gliserin sebagai *plastilizer*.

1. Plastik

Plastik merupakan material yang secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 220 juta ton/tahun pada tahun 2005 (Hermantoro, 2016).

Banyaknya jumlah plastik yang digunakan di bumi ini, maka banyak juga sampah plastik yang dihasilkan dan menjadi polutan utama dunia. Bahan dasar plastik yang sukar diuraikan oleh mikroorganisme sehingga kita terus-menerus memerlukan area untuk pembuangan sampah (Ningsih, 2010).

2. Plastik Biodegradasi

Bioplastik atau plastik *biodegradable* adalah plastik yang dapat digunakan seperti layaknya plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi air dan karbondioksida setelah dibuang ke lingkungan. Bahan penyusun bioplastik ini berasal dari alam seperti pati dan selulosa sehingga mudah diuraikan kembali (Yuniarti, 2014).

3. Pati

Pati merupakan cadangan karbohidrat dalam tumbuh-tumbuhan dan merupakan karbohidrat utama yang dikonsumsi manusia seluruh dunia. Komposisi amilosa dan amilopektin pada setiap jenis berbeda. Amilopektin pada umumnya terdapat dalam jumlah lebih besar. Sebagian besar pati mengandung antara 15% dan 35% amilosa.

Bila dipanaskan dengan air, struktur kristal rusak dan rantai polisakarida akan mengambil posisi acak. Hal inilah yang menyebabkan mengembang dan memadat (gelatinisasi).

4. Kulit Singkong

Kulit singkong merupakan limbah padat dari tanaman singkong. Kulit singkong diperoleh dari proses pengupasan singkong dimana singkong sangat banyak digunakan oleh masyarakat sebagai bahan pokok atau bahan tambahan pembuatan makanan. Kulit singkong terkandung didalam umbi singkong dimana kebaradaannya mencapai 16%. Limbah singkong terdiri dari 80-90% kulit dan 10-20% potongan singkong dan bonggol. Persentase jumlah limbah kulit singkong bagian luar (berwarna coklat dan kasar) sebesar 0,5-2% dari berat total singkong segar dan limbah kulit singkong bagian dalam (berwarna putih kemerah-merahan dan halus) sebesar 8-15%. Berdasarkan data dari BPS, pada tahun 2008 produksi singkong mencapai 20.8 juta ton, artinya limbah kulit singkong di Indonesia mencapai angka 3.3 juta ton/tahun.

5. Gelatinisasi

Gelatinisasi adalah perubahan yang terjadi pada granula sewaktu mengalami pembengkakan yang luar biasa dan tidak dapat kembali ke bentuk semula. Gelatinisasi juga disebut sebagai peristiwa koagulasi koloid dengan ikatan rantai polimer atau penyerapan zat terlarut yang membentuk jaringan tiga dimensi yang tidak terputus sehingga dapat mengakibatkan terperangkapnya air dan terhentinya aliran zat cair yang ada di sekelilingnya kemudian mengalami proses pengorientasian partikel (Winarno, 1991).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan 2 variabel. Variabel 1 yaitu penambahan gliserin terdiri dari 5 level (2 mL, 3 mL, 4 mL, 5 mL, dan 6 mL), dan variabel 2 yaitu kecepatan pengadukan terdiri dari 5 level (400 rpm, 500 rpm, 600 rpm, 700 rpm, dan 800 rpm). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari – Juni 2017 di laboratorium Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta dan pengujian dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPHP) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Variabel tetap yang digunakan adalah bahan baku pati kulit singkong sebesar 10 g dan 100 mL asam asetat konsentrasi 0,05% (v/v), serta waktu proses selama 30 menit dengan suhu 60°C, banyaknya sampel dalam tiap perlakuan (1 sampel/perlakuan).

Alat dan yang digunakan yaitu neraca analitik, gelas kimia, gelas ukur hot plate magnetic stirrer, batang pengaduk, termometer, statif, klem, pipet, cetakan kaca, ayakan, cawan petri, spatula, erlemeyer, blender, mortar, lumpang, kulit singkong, asam asetat, gliserin, EM4, air laut, dan air sungai.

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi :

1. Pengambilan pati kulit singkong

Limbah kulit singkong di cuci dan pisahkan dengan kotorannya. Blender kulit singkong dengan penambahan air secukupnya. Kemudian hasil *blend* disaring menggunakan kain saring untuk mengambil sari yang mengandung pati. Lalu didiamkan 12 jam mengendapkan pati. Setelah pati mengendap, ambil patinya langsung dikeringkan di bawah sinar matahari selama 2 hari

2. Pembuatan Plastik Biodegradable

- a. Variabel penambahan gliserin Masukkan 10 gram pati kulit singkong, ditambah dengan gliserin yang divariasikan(2mL/3mL/4mL/5mL/6mL) lalu dimasukkan 100 mL larutan asam asetat 0,05% kemudian dipanaskan diatas hotplate magnetic stirrer selama 30 menit dengan suhu proses 60°C dengan pengadukan 600 rpm
- b. Variabel kecepatan pengadukan Masukkan 10 gram pati kulit singkong, ditambah dengan gliserin 4 mL lalu dimasukkan 100 mL larutan asam asetat 0,05% kemudian dipanaskan diatas hotplate magnetic stirrer selama 30 menit dengan suhu proses 60°C dengan pengadukan yang divariasikan (400rpm-800rpm).
- c. Setelah proses selesai, larutan plastik dicetak di atas cetakan kaca.
- d. Diamkan selama 3 hari didalam suhu ruangan.
- e. Setelah plastik kering lepas dari cetakan dan potong sesuai kebutuhan.
- f. Kemudian disimpan dalam desikator sampai berat konstan dan dilakukan uji.

3. Analisis Hasil

Plastik yang telah didapat dari proses sebelumnya dilakukan analisis di laboratorium meliputi uji kuat tarik, kemuluran, dan degradasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

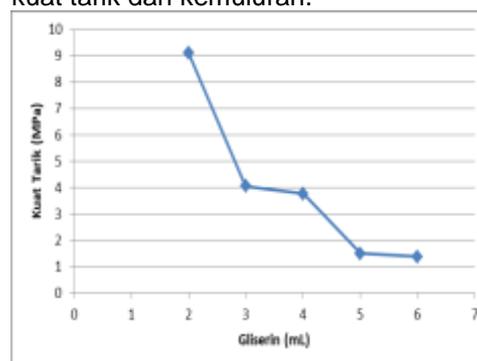
1. Uji Kuat Tarik dan Kemuluran Terhadap Penambahan Gliserin

Hasil uji kuat tarik dan kemuluran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisa kuat tarik dan kemuluran terhadap penambahan gliserin

Gliserin (mL)	Kuat tarik (MPa)	Kemuluran (%)
2	9,12	6,57
3	4,05	14,76
4	3,77	23,15
5	1,5	24,07
6	1,37	11,77

Dari Tabel 1 dapat dibuat grafik hubungan penambahan gliserin terhadap kuat tarik dan kemuluran.



Gambar 1. Grafik hubungan penambahan gliserin terhadap kuat tarik.

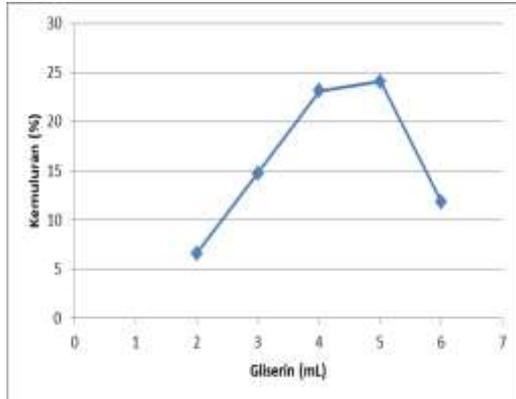
Dari Gambar 1 terlihat bahwa pada penambahan gliserin sampai dengan 6 mL diperoleh bahwa semakin banyak *plastilizer* yang ditambahkan maka nilai kuat tarik bioplastik semakin kecil. Penurunan cukup besar terjadi pada penambahan gliserin 5 mL, dimana kuat tarik bioplastik mengalami penurunan 60,2% apabila dibandingkan dengan kuat tarik bioplastik dengan penambahan gliserin 4 mL yaitu dari 3,77 MPa menjadi 1,5 MPa.

Faktor penyebab penurunan kuat tarik juga diungkapkan oleh Abadi (2017), yang menyatakan *bioplastik berbasis dasar buah gayam dengan plastilizer gliserol* diperoleh bahwa semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka akan menurunkan kuat tariknya. Penelitian juga dilakukan oleh Purwanti (2010) terlihat bahwa penambahan sorbitol sampai dengan konsentrasi 2 g/g kitosan diperoleh bahwa semakin banyak *plastilizer* yang ditambahkan maka nilai kuat tarik film tersebut semakin kecil.

Secara umum, dengan penambahan gliserin sebagai *plastilizer*, molekul-molekul *plastilizer* di dalam larutan tersebut terletak diantara rantai ikatan biopolimer dan dapat berinteraksi dengan membentuk ikatan hidrogen dalam rantai ikatan antar polimer sehingga menyebabkan interaksi anatara molekul biopolimer. Hal ini menyebabkan

berkurangnya kuat tarik bioplastik dengan adanya bahan tambahan *plastilizer*.

Sedangkan nilai persen kemuluran bioplastik dengan penambahan gliserin pada beberapa konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan penambahan gliserin terhadap kemuluran.

Bioplastik kulit singkong yang dihasilkan dengan penambahan *plastilizer* sebanyak 5 mL mempunyai sifat lebih fleksibel daripada bioplastik sebanyak 4 mL. Hal ini terlihat pada Gambar 2 dari nilai persen kemuluran yang semakin besar dengan penambahan *plastilizer*.

Seperti halnya pengaruhnya pada sifat kuat tarik bioplastik pati kulit singkong, dengan adanya *plastilizer* gliserin di dalam rantai ikatan polimer pati kulit singkong menyebabkan ikatan antar polimer menjadi berkurang dan membuat bioplastik menjadi lebih fleksibel. Tetapi pada penambahan gliserin lebih dari 5 mL yaitu pada penambahan gliserin 6 mL terjadi penurunan kemuluran. Hal ini terjadi karena penambahan gliserin yang semakin banyak akan menutup lapisan air pada pati sehingga proses gelatinisasi pati tidak dapat berlangsung sempurna.

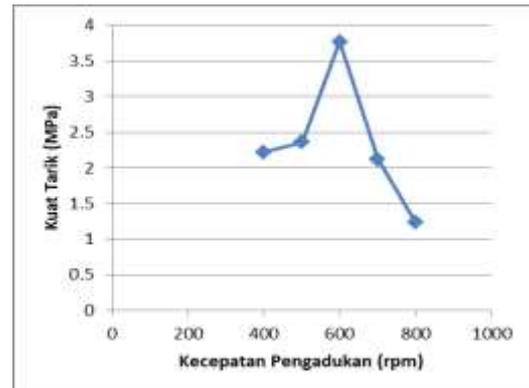
2. Uji Kuat Tarik dan Kemuluran Terhadap Kecepatan Pengadukan

Hasil uji kuat tarik dan kemuluran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisa kuat tarik dan kemuluran terhadap penambahan gliserin

Pengadukan (rpm)	Kuat Tarik (MPa)	Kemuluran (%)
400	2,22	17,17
500	2,36	18,62
600	3,77	23,15
700	2,12	19,17
800	1,24	18,40

Dari Tabel 2 dapat dibuat grafik hubungan kecepatan pengadukan terhadap kuat tarik dan kemuluran.



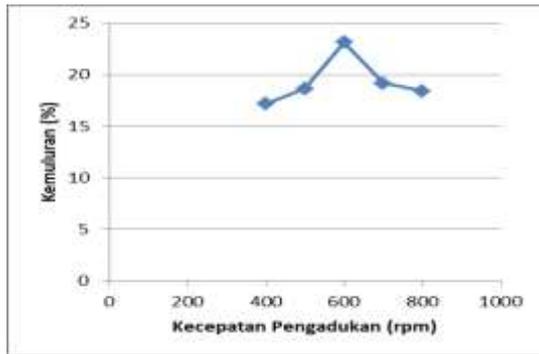
Gambar 3. Grafik hubungan kecepatan pengadukan terhadap kuat tarik.

Dari Gambar 3 terlihat bahwa pada penambahan kecepatan pengadukan mulai 400 rpm sampai 800 rpm dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan pengadukan kuat tarik dan kemuluran semakin tinggi. Hal ini dikarenakan, semakin besar kecepatan pengadukan semakin cepat tercapai proses gelatinisasi, semakin sempurna proses gelatinisasi kuat tarik plastik yang dihasilkan semakin besar.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Abadi (2017) didapat hasil bahwa semakin cepat pengadukan maka semakin besar kuat tarik yang dihasilkan dari bioplastik berbahan dasar buah gayam dengan *plastilizer* gliserin tersebut.

Secara umum, penambahan kecepatan pengadukan akan memperbesar nilai kuat tarik dari bioplastik kulit singkong ini. Pada kecepatan pengadukan 600 rpm kuat tarik mencapai 3,77, pada kondisi ini gelatinisasi telah terjadi sempurna sehingga dapat diperoleh kuat tarik terbaik. Namun jika digunakan kecepatan pengadukan diatas 600 rpm yaitu 700 rpm kuat tarik plastik yang dihasilkan menjadi 2,12 MPa. Hal ini terjadi karena kecepatan pengadukan yang terlalu besar menyebabkan terlampainya proses gelatinisasi dan sudah terjadi poses dekomposisi sehingga akan menurunkan kuat tarik bioplastik yang di hasilkan.

Sedangkan nilai persen kemuluran bioplastik dengan penambahan kecepatan pengadukan pada proses pembuatan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.



Gambar 4. Grafik hubungan kecepatan pengadukan terhadap kemuluran.

Dari gambar 4 terlihat bahwa pada penambahan kecepatan pengadukan mulai 400 rpm sampai 800 rpm dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan pengadukan akan memperbesar persen kemuluran. Hal ini dikarenakan, semakin besar kecepatan pengadukan semakin cepat tercapai proses gelatinisasi, semakin sempurna proses gelatinisasi kuat tarik plastik yang dihasilkan semakin besar. Persen kemuluran terbesar didapat pada kecepatan 600 rpm sebesar 23,15%. Namun pada kecepatan diatas 600 rpm, kemuluran mengalami penurunan yaitu menjadi 19,17%. Hal ini dikarenakan kecepatan pengadukan yang terlalu besar dapat menyebabkan kuat tarik plastik menurun karena telah melampaui proses gelatinisasi dan sudah terjadi poses dekomposisi.

3. Uji biodegradasi

Tabel 3 Hasil Uji biodegradasi sampel bioplastik (Andrico, 2012)

Larutan Uji	Berat awal (gr)	Berat setelah 4 minggu (gr)	Persen degradasi selama 28 hari (%)
EM4	2,8	1,1	60,71
Air Sungai	2,3	1,7	26,08
Air Laut	2,0	1,8	10,00

Bioplastik dari pati kulit singkong diuji sifat *biodegradablenya* dengan menggunakan bakteri *EM4 (Effective Microorganism)*, air sungai, air laut. *EM4* adalah kultur campuran mikro yang terdiri dari *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Streptomyces*, ragi jamur dan bakteri fotosentik yang bekerja saling meunjang dalam dekomposisi bahan organik (Heddy, 2000). Proses dekomposisi bahan organik dengan molekul *EM4* berlangsung secara fermentasi baik dalam keadaan *aerob* maupun *anaerob*. Bakteri-bakteri ini akan mendegradasi bioplastik yang mengandung pati dengan cara memutus rantai polimer menjadi monomer-monomernya melalui enzim yang dihasilkan dari bakteri tersebut. Proses ini akan menghasilkan senyawa organik

berupa asam amino, asam laktat, gula, alkohol, vitamin, protein dan senyawa organik lainnya yang aman terhadap lingkungan (Higga, 1996). Hasil uji biodegradasi dari plastik kulit singkong ditunjukkan pada Tabel 3.

Analisa biodegradasi plastik kulit singkong dilakukan melalui pengamatan bioplastik secara visual dan penimbangan berat sampel. Dari Gambar 5, 6, dan 7 dapat dilihat bahwa bioplastik yang diuji dengan *EM4*, air sungai, dan air laut mengalami degradasi dalam waktu 28 hari yang ditunjukkan dengan terkoyaknya permukaan bioplastik dan menurunnya berat sample. Dari hasil inilah, bioplastik dari pati kulit singkong dapat dikatakan sebagai plastik yang ramah lingkungan.



Gambar 5. Plastik kulit singkong sebelum dan setelah pemberian *EM4* dan didiamkan selama 28 hari.



Gambar 6. Plastik kulit singkong sebelum dan setelah pemberian air sungai dan didiamkan selama 28 hari.



Gambar 7. Plastik kulit singkong sebelum dan setelah pemberian air laut dan didiamkan selama 28 hari.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan:

- a. Semakin banyak gliserin yang ditambahkan, maka kuat tarik dan kemuluran bioplastik *biodegradable* akan semakin besar. Namun penambahan gliserin lebih dari 4 mL kekuatan tarik dan kemuluran menurun karena lapisan permukaan pati tertutup menjadikan gelatinisasi tidak sempurna.
- b. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan suhu proses 60C, waktu proses 30 menit, massa pati 10 gram, volume pelarut asam asetat 0,05% 100 mL dan kecepatan pengadukan 600 rpm, didapat kuat tarik tertinggi pada penambahan gliserin 2 mL yaitu 9,12 MPa dan kemuluran tertinggi pada penambahan gliserin 5 mL yaitu 24,07%. Sedangkan pada variabel kecepatan pengadukan didapat nilai kuat tarik dan kemuluran tertinggi pada kecepatan pengadukan 600 rpm yaitu dengan kuat tarik 3,77 MPa dan kemuluran 23,15%.
- c. Berdasarkan uji biodegradasi dalam larutan EM4, Air sungai, dan Air Sungai dapat dilihat bahwa bioplastik yang dihasilkan dapat mengalami degradasi dalam waktu 28 hari.

2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya ada beberapa hal yang perlu disarankan:

- a. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk memperbaiki kenampakan dan tekstur plastik *biodegradable* dari pati kulit singkong.
- b. Perlu dilakukan pengujian terhadap sifat-sifat plastik *biodegradable* lainnya seperti ketahanan H₂O, ketahanan O₂, kelenturan atau kemuluran dll.
- c. Penelitian perlu dilakukan atau dikembangkan dengan metode dan variabel yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, D., 2017, *Biodegradable Plastik Dari Buah Gayam dan Gliserin*, IST AKPRIND, Yogyakarta.
- Andrico, N., Hardeli., dan Sanjaya, Y., 2012, *Penentuan Kondisi Optimum Jumlah Pelapisan dan Lama Penyinaran Proses Degradasi Zat Warna Methylene Blue pada Reaktor Fotokatalitik TiO₂ dengan Penambahan Sio₂*, Periodik Vol 1 No 1.
- Hermantoro, M., 2016, *Dampak Penggunaan Plastik Terhadap Lingkungan*. Uil. <http://mymogotherman1.blogspot.co.id/2016/09/dampak-penggunaan-plastik-terhadap.html>. (Diakses pada : 5 Juli 2017).
- Ningsih, S. W., 2010, *Optimasi Pembuatan Bioplastik Polihidroksialkanoat Menggunakan Bakteri Mesofilik dan Media limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Purwanti, A., 2010. Analisis Kuat tarik dan elongasi plastik kitosan terplastisasi sorbitol. *Jurnal Teknologi* 3(2): 99-106.
- Rukmana, R., 1986, *Budidaya Ubi Kayu, dan Pasca Panen*, Penerbit Kanisius, Jakarta.
- Syamsir, E., 2008, *Plastik dan Senyawa Limonen*, Penerbit UI Press, Jakarta.
- Vedder, T., 2008, *Edible Film*, <http://japemethe.port5.com> (Diakses pada 5 Juli 2017).
- Wardah, I., dan Hastuti, E., 2015, *Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol dengan Pati dari Bonggol Pisang, Tongkol Jagung, dan Eceng Gondok Terhadap Sifat Fisis dan Mekanisme Plastik Biodegradasi*, *Jurnal Neutrino*, Vol 7 No 2.
- Winarno, F. G., 1991, *Kimia Pangan dan Gizi*, PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Yuniarti, L.I., Hutomo, G.S., dan Rahim, A., 2014, *Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu (Metroxylon sp)*. *e-Journal Agrotekbis* 2 (1) : 38-46. ISSN : 2338-3011.