

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

Dyah Ayu Nur Cahyanti, Ganjar Andaka

Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

email : dyahayu.cahyanti@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. Seharusnya 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.

Plastik biodegradable memiliki kegunaan dan fungsi yang sama dengan plastik konvensional. Namun, sifat plastik biodegradable lebih aman bagi kesehatan dan dapat terurai sehingga tidak menimbulkan penumpukan limbah. Plastik biodegradable dapat dibuat dari produk pertanian seperti selulosa dan pati. Sebelumnya, plastik biodegradable telah dibuat dari berbagai sumber yang berbeda namun bahan dasar bioplastik yang digunakan susah didapatkan. Oleh karena itu perlu adanya inovasi dalam pembuatan plastik biodegradable.

Plastik Biodegradable dalam penelitian ini dibuat dari pati limbah kulit umbi garut, 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 umbi garut), pencampuran, pemanasan bahan, pencetakan dan pengeringan bioplastik, serta pengujian.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dengan menggunakan suhu proses 60°C, waktu proses 30 menit, massa pati 10 g, volume pelarut 100 mL asam asetat 0,05%, dan kecepatan pengadukan sebesar 700 rpm, didapat kuat tarik tertinggi pada penambahan gliserin sebanyak 2 mL yaitu 6,35 MPa dan kemuluran tertinggi pada penambahan gliserin sebanyak 4 mL yaitu 25,96%. Sedangkan pada variabel kecepatan pengadukan didapat nilai kuat tarik dan kemuluran tertinggi pada kecepatan pengadukan 700 rpm diperoleh kuat tarik sebesar 3,47 MPa dan kemuluran sebesar 23,57 %.

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, 1990).

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 *Biodegradable plastic dari buah gayam dan gliserol* (Abadi, 2016), *Pengaruh variasi komposisi gliserol dengan pati dari bonggol pisang, tongkol jagung, dan enceng gondok terhadap sifat fisis dan mekanis plastik biodegradable* (Wardah, 2015), dan *Analisis kuat tarik dan elongasi kitosan terplastisasi gliserol* (Purwanti, 2010), namun bahan dasar bioplastik yang digunakan susah didapatkan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dipelajari pembuatan plastik *biodegradable* dari pati limbah kulit garut yang berasal dari agroindustri rumah tangga emping garut di Desa Tawang Sari, Pengasih, Kulon Progo dengan 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) (Astuti, 2010).

4. Umbi Garut

Pati umbi garut merupakan hasil ekstraksi umbi garut dari tanaman garut (*Maranta arundinaceae L.*) yang merupakan jenis umbi-umbian yang memiliki kandungan patinya sekitar 80-85%. Garut menghasilkan umbi yang dapat dimakan. Kandungan amilosa pada umbi garut berkisar 15,21% dengan kadar amilopektinnya 84,79%. Selain itu terbatasnya petroleum sebagai bahan baku plastik dan pembuangan limbahnya yang dapat menyebabkan polusi mendorong penelitian-penelitian untuk membuat suatu material baru sebagai pengganti material ini (Wajira, 2009).

5. Pengolahan

Akhir-akhir ini, tanaman garut banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan lokal dan mulai dikembangkan untuk agroindustri rumah tangga di perdesaan. Dengan teknologi sederhana, garut dapat meningkatkan nilai tambah (*added value*). Umbi garut di manfaatkan masyarakat tani sebagai emping garut, sedangkan limbah dari produksi emping dimanfaatkan sebagai pati. Potensi umbi garut sebagai sumber karbohidrat dapat menghasilkan rendemen pati 15-20 persen (Giyanto, 2015).

6. 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 umbi garut sebesar 10 gram dan 100 mL asam asetat konsentrasi 5% (v/v), serta waktu proses selama 30 menit dengan suhu 60°C, banyaknya sampel dalam tiap perlakuan (1 sampel/perlakuan).

Alat dan bahan 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 garut, asam asetat, gliserin, *EM4*, air laut, dan air sungai.

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Pengambilan pati kulit umbi garut

Limbah kulit umbi garut dari produsen emping garut dicuci dan pisahkan dengan kotorannya. Blender limbah kulit umbi garut dengan penambahan air secukupnya. Kemudian hasil *blend* disaring menggunakan kain saring untuk mengambil sari yang mengandung pati. Lalu didiamkan 12 jam untuk mengendapkan pati. Setelah pati mengendap, ambil patinya langsung

dikeringkan di bawah sinar matahari selama 2 hari.

2. Pembuatan Plastik *Biodegradable*

- a. 10 gram pati kulit garut dimasukkan ke dalam erlenmeyer, gliserin yang divariasikan (2mL/3 mL/4 mL/5 mL/6 mL) dan 100 mL larutan asam asetat 0,05% ditambahkan kedalamnya. Kemudian erlenmenyer ditutup menggunakan penutup karet yang di lengkapi *thermometer*. Setelah itu, larutan tersebut dipanaskan di atas *hot plate magnetic stirer* dengan suhu 60°C, selama 30 menit, dengan kecepatan pengadukan 700 rpm.
- b. 10 gram pati kulit garut dimasukkan ke dalam erlenmeyer, 3 mL gliserin dan 100 mL larutan asam asetat 0,05% ditambahkan kedalamnya. Kemudian erlenmenyer ditutup menggunakan penutup karet yang di lengkapi *thermometer*. Setelah itu, larutan tersebut dipanaskan di atas *hot plate magnetic stirer* dengan suhu 60°C, selama 30 menit, dengan kecepatan pengadukan yang divariasikan (400 rpm/500rpm/600rpm/700rpm/800rpm).
- c. Setelah proses selesai, larutan bioplastik di cetak 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 di simpan dalam desikator dan dilakukan uji.

3. Analisis Hasil

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

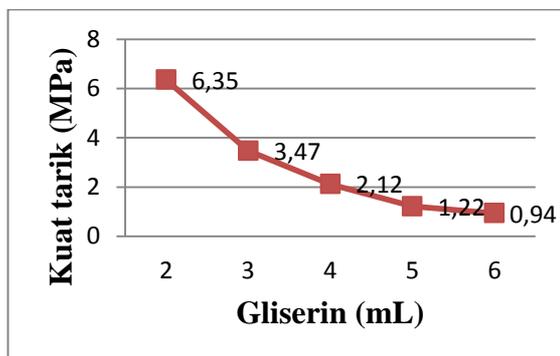
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji Kuat Tarik dan Kemuluran Terhadap Penambahan Gliserin

Tabel 1 Pengaruh penambahan gliserin terhadap kuat tarik dan kemuluran

Gliserin (mL)	Kuat Tarik (MPa)	Kemuluran (%)
2	6,35	15,35
3	3,47	23,57
4	2,12	25,96
5	1,22	17,09
6	0,94	16,06

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



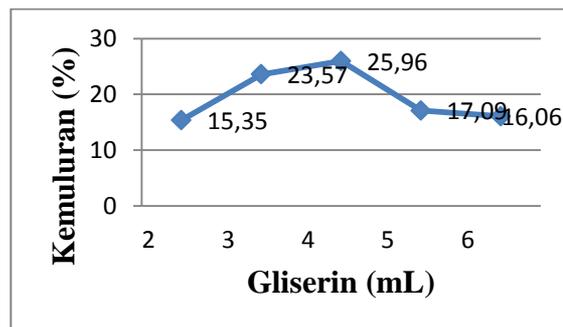
Gambar 1. Grafik hubungan penambahan gliserin terhadap kuat tarik

Dari Gambar 1. terlihat bahwa pada penambahan gliserin sampai dengan 6 mL diperoleh bahwa semakin banyak gliserin yang ditambahkan maka nilai kuat tarik bioplastik semakin kecil. Penurunan cukup besar terjadi pada penambahan gliserin 3 mL, dimana kuat tarik bioplastik mengalami penurunan 45,35% apabila dibandingkan dengan kuat tarik bioplastik dengan penambahan gliserin 2 mL yaitu dari 6,35 MPa menjadi 3,47 MPa.

Faktor penyebab penurunan kuat tarik juga diungkapkan oleh Abadi (2017), yang menyatakan *bioplastik berbahan 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 limbah kulit garut yang dihasilkan dengan penambahan *plastilizer* sebanyak 4 mL mempunyai sifat lebih fleksibel daripada bioplastik sebanyak 3 mL. Hal ini terlihat pada Gambar 2 dari nilai persen kemuluran yang semakin besar dengan penambahan *plastilizer*.

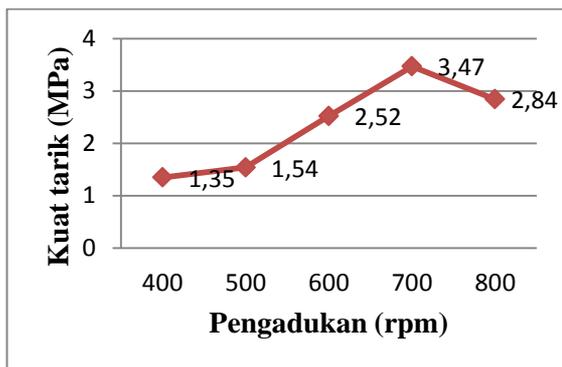
Seperti halnya pengaruhnya pada sifat kuat tarik bioplastik pati kulit garut, dengan adanya *plastilizer* gliserin di dalam rantai ikatan polimer pati kulit garut menyebabkan ikatan antar polimer menjadi berkurang dan membuat bioplastik menjadi lebih fleksibel. Tetapi pada penambahan gliserin lebih dari 4 mL yaitu pada penambahan gliserin 5 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. Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Kuat Tarik dan Kemuluran

Tabel 2. Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap kuat tarik dan kemuluran.

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Kuat Tarik (MPa)	Kemuluran (%)
400	1,35	16,67
500	1,54	18
600	2,52	18,47
700	3,47	23,57
800	2,84	10,06

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

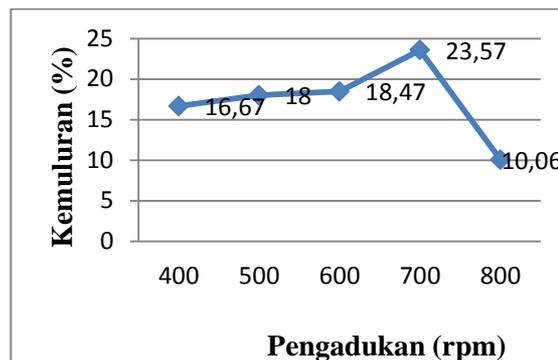


Gambar 3. Grafik hubungan kecepatan pengadukan terhadap kuat tarik

Dari Gambar 3. terlihat bahwa pada penambahan kecepatan pengadukan mulai 400 rpm sampai 800 rpm, semakin besar kecepatan pengadukan kuat tarik semakin tinggi. Hal ini dikarenakan, semakin besar kecepatan pengadukan semakin cepat tercapai proses gelatinisasi, dan semakin sempurna proses gelatinisasi kuat tarik plastik yang dihasilkan akan semakin besar. Pengaruh kecepatan pengadukan juga diungkapkan oleh Abadi (2017), yang menyatakan 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 limbah kulit garut ini. Pada kecepatan pengadukan 700 rpm kuat tarik mencapai 3,47, pada kondisi ini gelatinisasi telah terjadi sempurna sehingga dapat diperoleh kuat tarik terbaik. Namun jika digunakan kecepatan pengadukan diatas 700 rpm yaitu 800 rpm kuat tarik plastik yang dihasilkan menurun menjadi 2,84 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 4.



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, dan semakin sempurna proses gelatinisasi kemuluran bioplastik yang dihasilkan semakin besar. Persen kemuluran terbesar didapat pada kecepatan 700 rpm sebesar 23,57%. Namun pada kecepatan diatas 700 rpm, kemuluran mengalami penurunan yaitu menjadi 10,06%. Hal ini terjadi karena kecepatan pengadukan yang terlalu besar menyebabkan terlampainya proses gelatinisasi dan sudah terjadi poses dekomposisi sehingga akan menurunkan persen kemuluran bioplastik yang di hasilkan.

Secara umum, semakin bertambah kecepatan pengadukan dalam proses pembuatan bioplastik maka semakin meningkatkan kuat tarik dan kemuluran dari bioplastik yang dibuat.

3. Uji Biodegradasi

Bioplastik dari pati umbi garut diuji sifat biodegradablenya dengan menggunakan bakteri *EM4 (Effective Microorganisme)*. *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 dan Wididana, 1994).

Tabel 3. Hasil uji biodegradasi sampel bioplastik

Larutan Uji	Berat Awal (Gram)	Berat setelah 4 Minggu (Gram)	Degradasi (%)
EM-4	2,9	1,2	58,62
Air Sungai	2,8	2,1	25
Air Laut	2,6	2,3	11,54

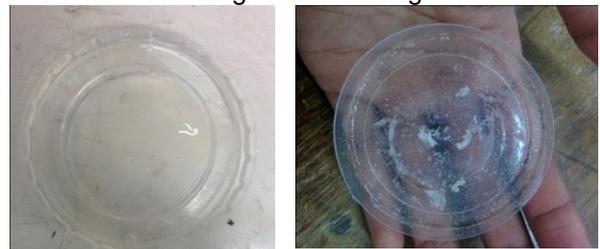
Analisa biodegradasi bioplastik dari kulit garut dilakukan melalui pengamatan bioplastik secara visual. Dari tabel 3, Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7 dapat dilihat bahwa bioplastik yang diuji dengan EM4, air sungai, dan air laut mengalami degradasi dalam waktu 28 hari yang ditunjukkan dengan terkoyaknya permukaan bioplastik. Perhitungan persen degradasi yang digunakan seperti yang dilakukan oleh Andriko, (2012) yaitu dengan membagi selisih berat dengan berat mula-mula. Dari hasil inilah, bioplastik dari pati kulit garut dapat dikatakan sebagai plastik yang ramah lingkungan.



Gambar 5. Bioplastik dari kulit garut sebelum dan sesudah terdegradasi EM-4



Gambar 6. Bioplastik dari kulit garut sebelum dan sesudah terdegradasi air sungai



Gambar 7. Bioplastik dari kulit garut sebelum dan sesudah terdegradasi air laut

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin banyak gliserin yang ditambahkan sebanding dengan persen kemuluran tetapi berbanding terbalik dengan nilai kuat tarik. Namun penambahan gliserin yang berlebih akan menurunkan persen kemuluran karena lapisan permukaan pati tertutup menjadikan gelatinisasi tidak sempurna.
2. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada pembuatan bioplastik dari pati kulit garut yaitu dengan menggunakan komposisi dan kondisi proses: massa bahan 10g, suhu proses 60°C, waktu proses 30 menit, 100 mL asam asetat 0,05%, didapat nilai kuat tarik tertinggi pada penambahan 2 mL gliserin yaitu 6,35 MPa dan kemuluran tertinggi pada penambahan 4 mL gliserin yaitu 25,96 MPa, sedangkan pada variabel kecepatan pengadukan didapat nilai kuat tarik dan kemuluran tertinggi pada kecepatan pengadukan sebesar 700 rpm dengan kuat tarik sebesar 3,47 MPa dan kemuluran sebesar 23,57%.
3. Berdasarkan uji biodegradasi dalam larutan EM4, Air sungai, dan Air Sungai dapat dilihat bahwa bioplastik yang dihasilkan dapat mengalami degradasi dalam waktu 28 hari.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya ada beberapa hal yang perlu disarankan:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk memperbaiki kenampakan dan tekstur plastik *biodegradable* dari pati kulit umbi garut.
2. Perlu dilakukan pengujian terhadap sifat-sifat plastik *biodegradable* lainnya seperti ketahanan H₂O, ketahanan O₂, kelenturan atau kemuluran, dan lain-lain.
3. Penelitian perlu dilakukan atau dikembangkan dengan metode dan variabel yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, Dite, 2017, *Biodegradable plastic dari buah gayam dan gliserol*, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, Yogyakarta.
- Andriko, 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, Volume 1 No. 1.
- Astuti, Arin Widya, 2010, *Pembuatan Edible Film Dari Semirefine Carrageenan (Kajian Konsentrasi Tepung Src dan Sorbitol)*, Tesis, UPN, Jawa Timur.
- Darni, Y., Chici, A., Ismiyati, S, 2008, *Sintesa Plastik biodegradable dari Pati Pisang dan Gelatin dengan Plastikizer Gliserol*, Universitas Lampung, Lampung.
- Giyanto, Arief, 2015, *Optimasi bahan baku lokal emping garut kulon progo laris di pasaran*. Jogjadaily, Pengasih.
- Heddy, S., 2000, *Pengaruh dosis EM4 dan pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (Brassica juncea L)*. J.Agritek 8(4): 505-510.
- Hermantoro, M., 2016, *Dampak Penggunaan Plastik Terhadap Lingkungan*. Ull. <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*, 2010; Jurnal Teknologi volume 3 nomer 2: 99-106.
- 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 Enceng Gondok Terhadap Sifat Fisis dan Mekanisme Plastik Biodegradasi*, Jurnal Neutrino, Volume 7 No. 2.
- Wijara, S. R., and David, S. J., 2009, *Starch Gelatinization. Advances in Food and Nutrition Research*, volume 55.
- 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.