

INOVASI BIOPLASTIK BAHAN DASAR BATANG PISANG KEPOK RAMAH LINGKUNGAN

Mohammad Wildan Habibi

Institut Agama Islam Negeri Jember

Jl. Mataram No. 1 Mangli, Kec. Kaliwates, Jember, Jawa Timur, Indonesi

E-mail: ziowildan@gmail.com

Abstrak

Bioplastik merupakan plastik yang dapat diperbaharui karena senyawa-senyawa penyusunnya berasal dari tanaman seperti pati, selulosa, dan lignin serta hewan seperti kasein, protein dan lipid. Penelitian ini bertujuan mengetahui potensi batang pisang kepok sebagai bioplastik. Metode penelitian ini menggunakan eksperimen laboratorium. Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa bioplastik yang dihasilkan dari bahan serbuk batang pisang kepok dengan variasi volume gliserol mampu terdegradasi dalam kurun waktu 6 – 12 hari sehingga dapat dikatakan produk bioplastik ini ramah pada lingkungan serta mengurangi resiko pencemaran lingkungan.

Kata Kunci: Bioplastik, Kepok, Selulosa, Lignin

1. PENDAHULUAN

Plastik merupakan media pengemas yang selalu digunakan oleh banyak orang. Kebutuhan akan plastik semakin meningkat dari waktu ke waktu. Hal ini karena sifat fleksibel plastik yang ringan, kuat, tahan air, dan harganya yang terjangkau. Kebutuhan plastik masyarakat Indonesia tahun 2002 sekitar 1,9 juta ton kemudian meningkat menjadi 2,1 juta ton di tahun 2003 dan di tahun 2004 meningkat lagi menjadi 2,3 juta ton (Darni, 2008). Berangkat dari permasalahan penggunaan plastik yang semakin banyak menimbulkan sampah yang sulit terurai maka perlu sebuah terobosan berupa pembuatan bioplastik.

Bioplastik merupakan plastik yang dapat diperbaharui karena senyawa-senyawa penyusunnya berasal dari tanaman seperti pati, selulosa, dan lignin serta hewan seperti kasein, protein dan lipid (Vilpoux & Averous, 2004). Tak banyak dari jutaan plastik yang digunakan berbahan ramah lingkungan atau disebut dengan bioplastik, kebanyakan plastik yang beredar di masyarakat saat ini adalah plastik sintetik yang terbuat dari bahan minyak bumi yang semakin hari semakin terbatas jumlahnya dan

sulit untuk diperbaharui. Permasalahan seperti inilah yang mengakibatkan pencemaran lingkungan sekitar menjadi terganggu, karena banyaknya sampah plastik yang sulit terurai.

Bioplastik yang bersifat *biodegradable* ini masih memiliki kekurangan sehingga dibutuhkan zat aditif untuk memperbaiki sifatnya, seperti *plasticizer* karena dapat meningkatkan elastisitas pada suatu material (Darni dkk., 2009), salah satunya adalah gliserol (Darni dkk., 2009). *Plasticizer* adalah senyawa yang memungkinkan plastik yang dihasilkan tidak mudah rapuh dan kaku. McHugh dan Krochta (1994) menyatakan bahwa poliol seperti sorbitol dan gliserol adalah *plasticizer* yang cukup baik untuk mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak intermolekul.

Pisang adalah buah yang sangat bergizi, namun bukan hanya buahnya saja yang bermanfaat. Bagian – bagian dari pohon pisang juga memiliki manfaat antara lain:

- a. Bunga : Digunakan untuk mengobati disentri, borok, dan bronkitis. Dimasak, bunga dianggap sebagai makanan yang baik untuk penderita diabetes.
- b. Getah : Sebagai obat tradisional, getah digunakan untuk mengobati bermacam berbagai penyakit, termasuk penyakit kusta, histeria, demam, gangguan pencernaan, perdarahan, epilepsi, wasir, dan gigitan serangga.
- c. Akar : Mengobati gangguan pencernaan, penawar racun, pereda demam, sesak napas (asma), penyakit kulit.
- d. Batang : Penurun panas dan perawatan rambut
- e. Daun : Radang tenggorokan, radang orak, batuk, haid terlalu banyak, disentri dan keputihan (Setiawan, 2003).

Penelitian yang dilakukan oleh Amin & Suparti (2015) menyebutkan bahwa kulit pisang mampu dijadikan bioplastik yang ramah lingkungan dengan penambahan variasi gliserol. bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki tekstur yang kasar, karena bahan utama yang digunakan masih kasar dan belum sempurna halus. Sedangkan warna yang dihasilkan yaitu berwarna kecoklatan, karena bahan baku yang digunakan berwarna coklat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan uji efisiensi serbuk batang pisang dg variasi gliserol untuk menghasilkan bioplastik yang ramah lingkungan dan teknologi tepat guna.

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain mikroskop, cawan petri, pengaduk, pisau, timbangan digital, mortar dan pistil, lemari es, pH meter, sentrifuge. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serat dari batang pisang, aquadest, gliserol pekat, isolate bakteri *Pseudomonas* sp, *Streptococcus* sp, *Staphylococcus* sp, *Bacillus* sp.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Sintesis Bioplastik

5% serbuk batang pisang ditambahkan ke masing-masing dari empat jumlah air suling / aquades yang berbeda (98,5, 98, 97,5, dan 97 ml), kemudian larutan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 5 menit pada 900 rpm. Selanjutnya, gliserol pada berbagai konsentrasi, yaitu 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, ditambahkan ke masing-masing solusi, dan kemudian solusi diaduk lagi selama 5 menit pada 900 rpm. Larutan kemudian dipanaskan dg pengaduk magnet pada suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$, sementara diaduk dengan pengaduk magnet selama ± 45 menit pada 900 rpm. Setiap larutan yang diaduk dituangkan ke dalam cetakan dengan diameter 88 mm, kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 50°C selama 24 jam, dan akhirnya diletakkan di ruangan suhu (27°C - 30°C) sampai kering

2.2.2 Observasi Morfologi Bioplastik

Pada observasi morfologi permukaan bioplastik dilakukan pengamatan dengan menggunakan mikroskop.

2.2.3 Tes Penyerapan

Tes penyerapan air mengidentifikasi kemampuan bioplastik untuk menyerap air (H_2O) sebagai ditentukan oleh standar ASTM D 570. Bioplastik, yang sebelumnya

telah dikeringkan selama 24 jam di sebuah oven pada 50 ° C, didinginkan dalam desikator, dan ditimbang, dipotong menjadi 10mm x 10mm. Kelembaban data penyerapan bioplastik diperoleh dengan merendamnya dalam air selama 24 jam. Setelah itu, bioplastik dikeringkan dengan kain dan segera ditimbang.

2.2.4 Biodegradability

Biodegradable bioplastik ditentukan dengan menggunakan uji degradasi penguburan tanah, yaitu bioplastik dikubur di tanah, sehingga akan terdegradasi sepenuhnya. Degradasi pengujian berfungsi untuk menentukan tingkat kerusakan bioplastik. Kerusakan dapat dilihat dari reduksi massa masing-masing spesimen yang terkubur di tanah. Bioplastik dipotong menjadi 10 mm x 10 mm. Kemudian, mereka dikubur di tanah pada kedalaman 8 cm.

Durasi degradasi bervariasi (3, 6, 9, dan 12 hari). Massa awal dan akhir (massa setelah degradasi) dari bioplastik perlu dilakukan pengukuran. Setiap perubahan dalam sifat mekanik akibat proses degradasi terjadi diamati dan ketika bioplastik benar-benar terdegradasi, biodegradabilitas diukur

2.2.5 Uji Masa Penyimpanan

Pengujian masa simpan bertujuan untuk menentukan daya tahan bioplastik sebagai kemasan plastik. Penggunaan bahan organik dalam pembuatan bioplastik menyebabkan kekuatan tarik rendah, umur simpan pendek (tidak tahan lama), dan kerusakan cetakan. Dalam penelitian ini, uji umur simpan dilakukan melalui pengamatan menggunakan kamera yang dilengkapi dengan lensa makro. Bioplastik ditempatkan dalam kotak plastik dengan oksigen terbatas atau kelembaban (RH) 45-60% untuk menentukan kerusakan yang disebabkan oleh mikroorganisme. Oleh karena itu, umur simpan bioplastik dalam kondisi lingkungan tertentu dapat diidentifikasi. proses pengujian berlangsung selama 60 hari. Hasilnya dianalisis melalui observasi visual.

2.2.6 Reaksi Kimia Bioplastik

Reaksi kimia bertujuan untuk mengetahui transformasi / perubahan struktur

molekul yang terlibat dalam reaksi. Reaksi kimia menggabungkan unsur-unsur menjadi senyawa, terurai senyawa kembali menjadi elemen, dan mengubah senyawa yang ada menjadi senyawa baru. Reaksi menghasilkan kombinasi kimia untuk membentuk molekul yang lebih besar. Pemisahan molekul menjadi dua atau lebih molekul yang lebih kecil dan penataan ulang atom dalam molekul. Pada kasus ini, Bioplastik diharapkan mampu terurai menjadi bentuk seperti bahan dasar pembuatannya yaitu selulose dan glycerol.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

3.1.1 Serbuk Batang Pisang Kepok

Pengolahan batang pisang kepok menjadi serbuk melalui proses pengupasan, pengeringan di oven pada suhu 40-50 °C, pengerokan, penumbukan dan produknya menjadi bentuk serbuk batang pisang kepok.



Gambar 1 Perubahan Batang Pisang kepok yang diolah menjadi serbuk

3.1.2 Uji Kuat Tarik Bioplastik

Berdasarkan hasil penelitian uji kuat tarik pada bioplastic dengan bahan dasar serbuk batang pisang dengan variasi perlakuan komposisi berat pisang 1 gram, 2 gram dan 3 gram dan volume gliserol 4 ml, 5 ml, 6 ml.

Tabel 1. Nilai Kuat Tarik Bioplastik batang pisang kapok dengan perlakuan komposisi serbuk batang pisang dan volume gliserol berbeda

Sampel	Ulangan Nilai Kuat Tarik (kg/cm) ²					Standar Deviasi (SD)
	1	2	3	Jumlah	Rerata	
S ₁ G ₁	6,656	6,545	6,456	19,657	6,552	0,22
S ₁ G ₂	5,832	5,123	4,876	15,831	5,277*	0,30
S ₁ G ₃	5,776	7,656	6,112	19,544	6,515	1,50
S ₂ G ₁	8,345	8,145	9,345	25,835	8,612**	1,21
S ₂ G ₂	6,212	6,237	6,349	18,798	6,266	0,90
S ₂ G ₃	5,342	7,110	5,921	18,373	6,124	0,80
S ₃ G ₁	7,125	7,122	7,662	21,909	7,303	1,27
S ₃ G ₂	6,523	7,232	6,789	20,544	6,848	0,78
S ₃ G ₃	6,312	6,354	6,746	19,412	6,471	0,56

** = Kuat Paling Tinggi

* = Kuat Paling Rendah

Keterangan :

S₁= Serbuk Pisang 1 gram; S₂ = Serbuk Pisang 2 gram; S₃ = Serbuk Pisang 3 gram

G₁= Gliserol 4 ml; G₂= Gliserol 5 ml; G₃= Gliserol 6 ml

Berdasarkan **Tabel 3.1** menunjukkan bahwa nilai kuat tarik tertinggi dapat dilihat pada perlakuan serbuk batang pisang 2 gram dan volume gliserol 4 ml (S₂G₁) dengan nilai kuat tarik sebesar 8,612 kg/cm² sedangkan nilai kuat tarik terendah dapat dilihat pada perlakuan serbuk batang pisang 1 gram dan volume gliserol 5 ml.

3.1.3 Uji Elongasi (Perpanjangan Putus)

Berdasarkan hasil penelitian uji elongasi pada bioplastic dari serbuk batang pisang dengan variasi komposisi serbuk batang pisang sebesar 1 gram, 2 gram, 3 gram dan volume 4 ml, 5 ml, 6 ml.

Tabel 2. Nilai Elongasi pada Bioplastik Serbuk Batang Pisang dengan Perlakuan Komposisi Serbuk Batang Pisang dan volume Gliserol yang berbeda

Sampel	Ulangan Nilai Kuat Tarik (kg/cm) ²					Standar Deviasi (SD)
	1	2	3	Jumlah	Rerata	
S ₁ G ₁	23	22	23	68	22,67	1,35
S ₁ G ₂	20	21	21	62	20,67 *	0
S ₁ G ₃	22	23	22	67	22,33	1,21
S ₂ G ₁	27	28	28	83	27,67 **	,67
S ₂ G ₂	24	23	24	71	23,67	2,85

S ₂ G ₃	23	23	23	69	23	4,11
S ₃ G ₁	24	24	22	70	23,33	3,19
S ₃ G ₂	21	23	22	66	22	1,43
S ₃ G ₃	23	23	25	71	23,67	4,23

Berdasarkan Tabel 3.2 menunjukkan bahwa uji nilai elongasi tertinggi dapat dilihat pada perlakuan penambahan serbuk batang pisang 2 gram dan volume gliserol 4 ml dengan nilai kuat tarik sebesar 27,67 % sedangkan uji nilai elongasi terendah dapat dilihat pada perlakuan penambahan serbuk batang pisang 1 gram dan volume gliserol 5 ml dengan nilai kuat tarik sebesar 20,67 %

3.1.4 Uji Organoleptik

Dalam penelitian ini juga dilakukan uji organoleptik yang bertujuan untuk mengetahui kualitas bioplastik yang dihasilkan dari komposisi serbuk batang pisang dengan volume gliserol yang berbeda. Sifat organoleptik bioplastik dari tepung kulit pisang meliputi tekstur dan warna.

Tabel 3. Sifat Organoleptik Bioplastik dari Serbuk Batang Pisang

Sampel	Tekstur	Warna
S ₁ G ₁	Kasar & Berserat	Putih Kecoklatan
S ₁ G ₂	Kasar & Berserat	Putih
S ₁ G ₃	Kasar & Berserat	Putih
S ₂ G ₁	Kasar & Berserat	Putih Kecoklatan
S ₂ G ₂	Kasar & Berserat	Putih
S ₂ G ₃	Kasar & Berserat	Putih
S ₃ G ₁	Kasar & Berserat	Putih Kecoklatan
S ₃ G ₂	Kasar & Berserat	Putih
S ₃ G ₃	Kasar & Berserat	Putih

Berdasarkan Tabel 3.3 Bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki tekstur yang kasar, karena bahan utama yang digunakan masih kasar dan memiliki banyak serat sedangkan warna yang dihasilkan coklat karena bahan utama yang digunakan berwarna coklat. Pada sampel S₁G₁, S₂G₁, S₃G₁ menghasilkan warna coklat kehitaman, sampel S₁G₂, S₂G₂, S₃G₂

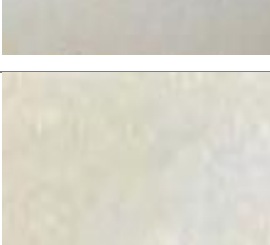
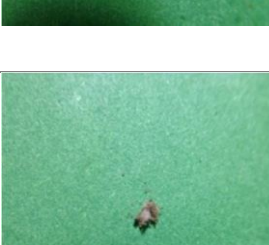
menghasilkan warna coklat bening, sampel S₁G₃, S₂G₃, S₃G₃ mampu menghasilkan warna coklat. Warna yang dihasilkan tersebut berbeda karena pengaruh

suhu pada saat proses pengeringan dalam oven, semakin sedikit bahan yang dimasukkan maka semakin coklat warna yang dihasilkan karena proses pengeringan akan semakin cepat.

3.1.5 Uji Degradasi Bioplastik

Tabel 4 Hasil Uji Degradasi Bioplastik dengan beberapa variasi

Sampel	Degradasi Bioplastik			
	3 Hari	6 Hari	9 Hari	12 Hari
S ₁ G ₁				
S ₁ G ₂				
S ₁ G ₃				Terdegradasi
S ₂ G ₁				Terdegradasi

Sampel	Degradasi Bioplastik			
	3 Hari	6 Hari	9 Hari	12 Hari
S ₂ G ₂			Terdegradasi	Terdegradasi
S ₂ G ₃			Terdegradasi	Terdegradasi
S ₃ G ₁			Terdegradasi	Terdegradasi
S ₃ G ₂			Terdegradasi	Terdegradasi
S ₃ G ₃			Terdegradasi	Terdegradasi

Berdasarkan hasil uji coba degradasi masing-masing sampel dengan rentang waktu 3 hari, 6 hari, 9 hari dan 12 hari dapat dilihat pada Tabel 3.4 menunjukkan bahwa sampel S_1G_1 , S_1G_2 perlahan mulai mengalami degradasi menjadi kecil pada hari ke 3 sampai ke 12 meski belum terdegradasi secara sempurna. Sampel S_1G_3 , S_2G_1 perlahan mulai mengalami degradasi mulai hari ke 3 sampai ke 9 menjadi lebih kecil, pada hari ke 12 mengalami degradasi sempurna. Pada sampel S_2G_2 , S_2G_3 , S_3G_1 , S_3G_2 , S_3G_3 mulai mengalami degradasi pada hari ke 3 sampai ke 6, pada hari ke 9 sampai ke 12 mengalami degradasi sempurna. Melihat hal tersebut maka dalam penelitian ini dapat dikatakan semakin tinggi berat bahan batang pisang dan volume gliserol maka semakin mempercepat proses degradasi dari bioplastik yang telah dibuat.

3.2 Pembahasan

Pada proses pembuatan bioplastik dengan menggunakan komposisi serbuk batang pisang kepok dengan berat 1 gram, 2 gram dan 3 gram dicampur dengan gliserol volumenya sebesar 4 ml, 5 ml, 6 ml. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan semakin besar komposisi serbuk batang pisang kepok maka nilai kuat tarik juga akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Sanjaya dan Puspita (2008) yang menyatakan bahwa semakin banyak bahan yang ditambahkan dalam penyusunan matriks bioplastic akan meningkatkan kekuatan gel dan ikatan hydrogen yang dihasilkan dalam pembuatan bioplastic sehingga ikatan kimianya akan semakin kuat.

Sedangkan pada peningkatan volume gliserol yang ditambahkan akan menurunkan nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian Akili (2012), yang menyatakan bahwa gliserol memiliki kemampuan dalam mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler dan mengganggu kekompakan pati, sehingga mengurangi kuat tarik *film*. Berdasarkan penelitian Pradipta dan Mawarani (2012), menyatakan bahwa penambahan *plasticizer* akan menurunkan nilai kuat tarik yang disebabkan karena *plasticizer* menempati ruang intermolekul dalam rantai polimer, sehingga molekul-molekul zat pemlastik dapat

mengurangi energi yang dibutuhkan molekul untuk melakukan suatu pergerakan (mudah bergerak) sehingga kekakuannya menurun yang menyebabkan menurunnya kekuatan tarik.

Proses pencampuran tepung yang mengandung pati dengan gliserol terjadi karena adanya interaksi polimer-polimer yang cukup kuat sehingga molekul gliserol akan berdifusi ke dalam rantai polimer pati. Jika jumlah gliserol melebihi batas, maka akan terjadi sistem yang heterogen dan bioplastik yang dihasilkan tidak efisien lagi (Ardiansyah, 2011). Pati merupakan polimer alam yang tidak mahal dan terbarukan yang hadir dalam bentuk butiran tidak dapat diproses menjadi material termoplastik karena kuatnya ikatan hidrogen intermolekular dan intramolekular. Tetapi dengan adanya air dan pemlastik dalam hal ini gliserol, pati dapat diolah menjadi polimer yang biodegradabel (Ardiansyah, 2011).

Pada tahap berikutnya dilakukan uji elongasi dengan menggunakan komposisi serbuk batang pisang kepok dan volume gliserol yang telah ditentukan. Nilai elongasi yang dihasilkan berbanding terbalik terhadap bahan serbuk batang pisang kepok, dimana semakin besar komposisi serbuk batang pisang kepok maka nilai elongasi semakin menurun. Hal ini disebabkan menurunnya jarak ikatan intermolekulnya (Salleh dalam Aris Rachman, 2009).

Semakin besar volume gliserol maka nilai elongasi juga semakin besar. Yang berarti bahwa semakin banyak gliserol yang ditambahkan, maka sifat bioplastik akan semakin elastis. Gliserol mampu mengurangi ikatan hidrogen internal dengan meningkatkan ruang kosong antar molekul yang akan diisi oleh gliserol, sehingga menurunkan kekakuan dan meningkatkan fleksibilitas *film* (Bourtoom, 2006). Gliserol menjadi lebih efektif sebagai bahan pemlastik dibandingkan dengan sorbitol dan glukosa karena memiliki molekul yang lebih kecil dan jumlah gugus OH yang lebih banyak sehingga molekul yang lebih kecil akan membuat gliserol pada konsentrasi sama memiliki gugus -OH lebih banyak yang akan berinteraksi dengan polimer (Listianingrum dkk, 2010).

Pada tahap berikutnya dilakukan uji degradasi terhadap bioplastik yang telah dibuat. Pengujian degradasi ini dilakukan untuk mengetahui tingkat degradasi dari bioplastik terhadap lingkungan, melihat kondisi nantinya dapat dikatakan sebagai produk yang ramah lingkungan. Acuan yang digunakan dalam proses degradasi bioplastik ini yaitu 3 hari, 6 hari, 9 hari, dan 12 hari. Masa bioplastik yang terdegradasi selama 6 hari berkurang lebih dari 50%. Kehilangan masa ini dapat terjadi karena bioplastik yang telah dibuat tersusun atas bahan alami dan mudah dicerna oleh mikroba.

Konsentrasi gliserol yang tinggi dalam bioplastic menyebabkan pengurangan masa yang lebih cepat. Selain itu sifat hidrofilik pada bahan tersebut menyebabkan bioplastic lebih mudah terdegradasi serta menjadi ramah lingkungan. Dalam proses degradasi bioplastic ini ada beberapa faktor yang membantunya diantaranya: bakteri dan jamur; angin, cahaya. Tingkat degradasi suatu senyawa tidak hanya bergantung pada daya tahan molekul namun juga pH, suhu, kelembapan, dan kandungan oksigen di lingkungan sekitar. Keberadaan mikroorganisme yang sesuai, ketersediaan nutrisi dan konsentrasi senyawa juga mendukung proses degradasi.

Biodegradasi bioplastik dapat dilakukan oleh beberapa bakteri yang terdapat di dalam tanah seperti *Pseudomonas* sp., *Streptococcus* sp., *Staphylococcus* sp., *Bacillus* sp., Dan *Moraxella* sp (Maran, 2014). Selain itu, hal tersebut dapat dilakukan karena putusnya rantai polimer yang mengandung pati, hidroksil (-OH) karbonil (CO), dan juga ester (COOH) menjadi monomer (Sanjaya, 2012). Penambahan lebih banyak gliserol dapat meningkatkan degradasi bioplastik, karena gliserol memiliki kemampuan untuk menyerap hidroksil air (Bonilla, 2015). Karena Air merupakan media dari sebagian besar bakteri dan mikroba yang ada di dalam tanah. Akibatnya, kadar air menyebabkan plastik menjadi lebih mudah terdegradasi (Septiosari, 2014). Semakin banyak jumlah gliserol, semakin banyak jumlah air yang bisa menembus struktur bioplastik dan membantu dalam degradasi (Wypych, 2004). Proses degradasi kemudian berlanjut dengan meluas permukaan melalui erosi dan perforasi; metode ini

dapat meningkatkan kecepatan degradasi karena lubang yang terbentuk mempercepat difusi oksigen dan enzim ke dalam bioplastik (Nathiqoh,2013).

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa bioplastik yang dihasilkan dari bahan serbuk batang pisang kepok dengan variasi volume gliserol mampu terdegradasi dalam kurun waktu 6 – 12 hari sehingga dapat dikatakan produk bioplastik ini ramah pada lingkungan serta mengurangi resiko pencemaran lingkungan.

4.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan dari penelitian ini:

1. Mencoba menggunakan bahan alami dari tumbuhan lain untuk mengetahui tingkat efektifitasnya dalam rangka pembuatan bioplastik
2. Menggunakan serial konsentrasi yang lebih kecil agar dapat dihasilkan bioplastik yang lebih efektif

5. REFERENSI

- Amin & Suparti. 2015. Pemanfaatan Tepung Kulit Pisang (*Musa Paradisiaca*) Dengan Variasi Penambahan Gliserol Sebagai Bahan Alternatif Pembuatan Bioplastik Ramah Lingkungan. Surakarta
- A. Septiosari, Latifah, and Kusumastuti Ella, "Pembuatan Dan Karakterisasi Biopl Astik Limbah Biji Mangga Dengan Penambahan Selulosa Dan Gliserol," *Chem. Sci.*, vol. 3, no. 2252, pp. 1–6, 2014.
- A. U. Nathiqoh, "Uji Ketahanan Biodegradable Plastic Berbasis Tepung Biji Durian (*Durio Zibethinus Murr*) Terhadap Air Dan Pengukuran Densitasnya," Indonesia, 2013.
- D, Setiawan. 2003. Atlas tumbuhan obat indonesia. Jilid 3. Jakarta : Trubus Agriwidya
- Darni, Yuli., Chici A., Sri Ismiyati D. 2008. Sintesa Bioplastik dari Pati Pisang dan Gelatin dengan Plasticizer Gliserol. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008 Lampung: Universitas Lampung.
- Darni, Yuli., Herti Utami, Siti Nur Asriah. 2009. Peningkatan Hidrofobisitas dan Sifat Fisik

Plastik Biodegradabel Pati Tapioka dengan Penambahan Selulosa Residu Rumput Laut *Euchema spinosum*. Prosiding Seminar Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat. Lampung: Universitas Lampung

Ezgi & Havva. 2015. A Review: Investigation of Bioplastics. *Journal of Civil Engineering and Architecture* 9 (2015) 188-192

G. Wypych, *Plasticizers Use and Selection for Specific Polymers*. Canada, 2004

I. G. Sanjaya and T. Puspita, "Pada Karakteristik Plastik Biodegradable Dari Pati Limbah Kulit Singkong," *Pengelolaan Limbah*, no. 2305100060, 2012.

J. Bonilla, Vicentini M, Dos Rodolfo M C, Bittante Q B, and Sobral Paulo J A, "Mechanical properties of cassava starch films as affected by different plasticizers and different relative humidity conditions," *Int. J. Food Stud.*, vol. 4, no. April, pp. 116–125, 2015.

Karana, E. 2012. "Characterization of 'Natural' and High-Quality' Materials to Improve Perception of Bioplastics." *Journal of Cleaner Production* 37: 316-25

Luengo, J. M., Garcia, B., Sandoval, A., Naharro, G., and Olivera, E. R. 2003. "Bioplastics from Microorganisms." *Current Opinion in Microbiology* 6: 251-60

Maran J. Prakash, Sivakumar V., Thirugnanasambandham K., and Sridhar R., "Degradation behavior of biocomposites based on cassava starch buried under indoor soil conditions," *Carbohydr. Polym.*, vol. 101, no. 1, pp. 20–28, 2014.

Nanang, E. 2017 Analysis of Biodegradation of Bioplastics Made of Cassava Starch. *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology*. Vol. 1, No 1, July 2017, pp. 24-31. ISSN: 2580-0817

Purwaningrum, P. 2016. Upaya mengurangi timbulan sampah plastik di lingkungan. Jurusan Teknik Lingkungan, FALTL, Universitas Trisakti, Jakarta . Indonesia. JTL Vol 8 No.2, Desember 2016, 141-147

T. Habig Mchugh , J.-F. Aujard, J. M. Krochta. 1994. Plasticized Whey Protein Edible Films: Water Vapor Permeability Properties. Journal Of Food Science. Volume59, Issue2

Vilpoux, O. & Averous, L. 2004. Starch-based plastics. Dalam: M. P. Cereda & O. Vilpoux (Ed.). *Collection Latin American Starchy Tubers* (h. 521-553). Sao Paolo: Raizes and Cargill Foundation