

Synthesis and characterization of bioplastics made from chitosan combined using glycerol plasticizer

Hasri^{1*}, Muhammad Syahrir², Diana Eka Pratiwi³

Kimia, Universitas Negeri Makassar

Email: hasri@unm.ac.id

Abstract. Utilization of taro tuber starch bioplastic as an alternative solution to reduce environmental pollution due to synthetic plastic waste is non-toxic if contaminated with food and environmentally friendly because it can be decomposed by microorganisms. This study aims to determine the bioplastic characteristics of taro tuber starch with the addition of glycerol and chitosan plasticizers. Characterization of bioplastics through biodegradation, water resistance, elongation, and functional group analysis using FTIR. The results of the study of bioplastics with glycerol plasticizers have thickness values in the range of 0.10 mm – 0.20 mm, water resistance values in the range of 15.09% - 66.04%, tensile strength values in the range of 6.9939 MPa – 9.4746 MPa, elongation values. in the range of 4.99% - 8.47%, biodegradation in the range of 48.30% for 12 days. The resulting bioplastic has a thickness value in the range of 0.10 mm to 0.20 mm based on JIS standards, the thickness value of taro starch bioplastic has met the standard and the tensile strength value of the sorbitol plasticizer has met SNI.

Keywords: Bioplastic, Starch, Plasticizer, Chitosan, Taro Bulbs

INDONESIAN
JOURNAL OF
FUNDAMENTAL
SCIENCES

E-ISSN: 2621-6728

P-ISSN: 2621-671X

Submitted: August 23th, 2021

Accepted : October, 13th, 2021



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENDAHULUAN

Limbah Plastik sintetik merupakan salah satu pemicu timbulnya masalah di lingkungan karena sangat sulit terurai. Sampai saat ini penggunaan plastik meningkat seiring peningkatan kebutuhan masyarakat. Setiap tahun sekitar 100 juta ton plastik kemasan sintetik diproduksi dunia untuk digunakan di berbagai sektor industri dan kira-kira sebesar itulah limbah plastik yang dihasilkan setiap tahun. Sementara kebutuhan plastik di Indonesia telah mencapai sebesar 2,3 juta ton (Musthofa, 2011).

Upaya masyarakat dalam mengatasi limbah plastik sintetik umumnya dengan membuang ke sungai, menimbun dan membakarnya namun hal tersebut dapat berdampak negatif terhadap pencemaran dan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu untuk mengurangi limbah plastik sintetik dibutuhkan plastik alternatif yang dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme, seperti *bioplastik*. *Bioplastik* telah disintesis menggunakan kitosan, pati jagung, pati biji durian, pati singkong dan pati ubi jalar (Corniwanti, dkk., 2014; Kristiani., 2015; Lazuardi dan Sari., 2013; Ardiansyah., 2011). Bahan dasar *bioplastik* harganya relatif murah, pati yang merupakan polisakarida keberadaannya melimpah di alam, sehingga mudah ditemukan dimana saja (Winarti, dkk 2012). Pemanfaatan *bioplastik* kitosan terkombinasi pati umbi talas keberadaannya sangat melimpah, dapat memberikan kualitas produk yang lebih baik, tidak beracun jika terkontaminasi pada bahan pangan dan ramah lingkungan karena dapat diurai oleh mikroorganisme (Setiani, dkk, 2013). Rahmawati, dkk., (2012) memperoleh kadar pati talas sebesar 80%. Senyawa pati talas tersusun atas dua komponen yaitu amilosa dan amilopektin. Kadar pati yang dihasilkan dari umbi talas sebesar 80% yang terdiri atas amilosa 5,55% dan amilopektin 74,45%. Oleh karena itu pati talas dapat digunakan sebagai bahan baku *bioplastik* yang baik.

Salah satu cara untuk mengurangi sifat hidrofilik *bioplastik* adalah dengan mencampur pati dengan biopolimer lain yang bersifat hidrofobik, seperti selulosa, kitosan, dan protein (Darni dan Utami, 2010). Semakin banyak kitosan yang digunakan, maka sifat mekanik dan ketahanan terhadap air dari produk *bioplastik* yang dihasilkan semakin baik (Sanjaya dan Puspita, 2011). Ginting, dkk (2014) menggunakan pati umbi talas pada pembuatan *bioplastik* menggunakan kitosan dan *plasticizer* gliserol. Kitosan dan gliserol yang digunakan sebagai bahan tambahan, dapat memperbaiki nilai kuat tarik pada *bioplastik*. Nilai kuat tarik yang paling besar diperoleh dengan nilai 9,406 MPa dan nilai perpanjangan saat putus 6,762%. Situmorang, dkk (2019) meneliti tentang pengaruh konsentrasi pati umbi talas (*Colocasia esculenta*) dan jenis *plasticizer* terhadap karakterisasi *bioplastik*, dan diperoleh pati 6% dengan *plasticizer* gliserol menghasilkan karakteristik terbaik *bioplastik* dengan kekuatan tarik $2.270 \pm 0,057$ MPa, perpanjangan putus $14,5 \pm 0,01\%$, modulus young $15,683 \pm 1,155$ MPa dan biodegradabilitas 6-7 hari. Coniwanti, dkk, (2014) membuat film *plastik biodegredebel* dari pati jagung dengan penambaham kitosan dan pemplastis gliserol dengan hasil karakterisasi *plastik biodegradabel* dengan kinerja yang optimal adalah 26,78% untuk persentase ketahanan air, untuk kuat tarik 3,92 Mpa, untuk elongasi 37,92% dan positif terhadap uji biodegradasi. Sanjaya dan Tyas (2011) pengaruh penambahan kitosan dan *plasticizer* gliserol pada karakteristik *plastik biodegradable* dari pati limbah kulit singkong dengan hasil yang diperoleh berupa lembaran tipis plastik (film plastik) yang telah diuji sifat mekaniknya sehingga didapatkan variabel data optimum yaitu komposisi kitosan 2% dan penambahan

gliserol 3 mL dengan nilai modulus young 494925.675 (psi), *elongation* 1.27%, dan *tensile strenght* 6269.059 (psi). Uji ketahanan air/*swelling* sebesar 66%, serta uji biodegradasi oleh mikroba (EM4) selama 10 hari.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik Ohaus, hot plate Microyn, oven IKA 125 Basic Dry, peralatan gelas Pyrex, magnetic stirrer, cawan petri, ayakan 100 mesh, termometer 100°C Pyrex, blender Philips, spatula, botol semprot, cetakan flexiglass, FTIR Shimadzu dan SEM Shimadzu. Bahan-bahan yang digunakan berupa Bahan yang digunakan adalah gliserol 98%, asam asetat (CH₃COOH) 80%, umbi talas, aquades dan kitosan murni.

Adapun prosedur kerja sebagai berikut :

1. Umbi talas dicuci bersih dengan air mengalir, kulitnya dikupas dan dipotong kecil-kecil, kemudian direndam selama 12 jam. Umbi talas dibilas dengan air bersih, diblender dan direndam air selama 30 menit. Setelah perendaman, campuran diperas dan disaring sehingga menghasilkan suspensi. Suspensi didiamkan selama 2 x 24 jam, selanjutnya didekantasi. Endapan yang diperoleh dibilas dengan air bersih sebanyak 3 kali, dan diendapkan kembali. Endapan pati talas yang diperoleh dikeringkan dengan oven pada temperatur 60°C lalu dihaluskan kemudian diayak 100 mesh.
2. Pati umbi talas yang telah diekstrak ditimbang sebanyak 0,8 gram, kemudian ditambahkan larutan kitosan (1 gram kitosan + 50 mL asam asetat 2%). Campuran diaduk dengan magnetic stirrer hingga homogen. Selanjutnya ditambahkan sorbitol 8sebanyak 10 mL dengan konsentrasi 2%, 2,5% dan 3% dan diaduk hingga homogen, larutan *bioplastik* kemudian dituang ke dalam cetakan lalu dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C. Perlakuan yang sama untuk sampel menggunakan gliserol.
3. Penentuan sifat mekanik meliputi kuat putus dan perpanjangan saat putus. Material yang akan diuji sebelumnya dipotong dalam bentuk dumbble, Setelah itu alat terlebih dahulu dikondisikan pada beban 100 kgf dengan kecepatan 50 mm/menit, kemudian spesimen ditarik ke atas. Spesimen sampai putus, lalu dicatat maksimum (F_{maks}) dan regangannya. Data pengukuran tegangan dan regangan sering disebut sebagai kuat Tarik dan kemuluran. Adapun persamaan yang digunakan sebagai berikut:
 - a) Kuat Putus

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0}$$

Keterangan:

σ = kekuatan Tarik bahan.

F_{maks} = Beban maksimum (Newton)

A_0 = Luas penampang mula-mula (mm²)

- b) Perpanjangan Saat Putus

$$\epsilon = \frac{L_t - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Keterangan:

ϵ = Perpanjangan saat putus (%)

L_t = Panjang pada saat putus

L_0 = Panjang mula-mula

4. Uji Biodegradasi

Pengujian tingkat biodegradabilitas menggunakan metode soil burial test yaitu sampel plastik biodegradable dikontakkan secara langsung dengan tanah. Hal pertama yang dilakukan yaitu memotong sampel dengan ukuran 3 cm x 3 cm, kemudian mengukur berat awalnya (W_i). Selanjutnya ditempatkan dan ditanam dalam wadah yang telah berisi tanah, sampel dibagikan dalam rentang waktu 6 hari sehingga dapat diukur kemudian diukur berat setelah terbiodegradasi (W_f), lakukan hal yang sama pada hari ke 9. Kehilangan massa diukur dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Rahmawati, dkk., 2019).

$$\% \text{ kehilangan massa} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

Keterangan:

W_i = massa sampel sebelum biodegradasi

W_f = massa sampel sesudah biodegradasi

5. Uji Ketahanan Air

Uji ini didasarkan pada metode yang dilakukan oleh ASTM D 570-98 (2012). Plastik dipotong dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Plastik yang telah dipotong kemudian ditimbang. Plastik dimasukkan ke dalam wadah yang telah diisi akuades sebanyak 5 mL, kemudian didiamkan dalam suhu kamar. Setiap satu menit, plastik diambil, air dipermukaan plastik dilap dengan tisu, kemudian ditimbang. Langkah ini dilakukan berulang-ulang hingga diperoleh berat konstan. Seperti yang digunakan sebagai berikut.

$$\text{Air yang diserap} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan:

W_0 = berat sampel kering

W = berat sampel setelah dikondisikan dalam akuades

6. Uji kekuatan Tarik (ASTM, 1993)

Uji kuat tarik diukur dengan Testing Machine MPY (Type: PA-104-30, Ltd Tokyo, Japan). Sebelum dilakukan pengukuran disiapkan lembaran film ukuran 2,5 x 15 cm dan dikondisikan di laboratorium dengan kelembaban (RH) 50% selama 48 jam. Instron diset pada initial grip separation 50 mm, crosshead speed 50 mm/ menit dan loadcell 50 kg. Kuat Tarik ditentukan berdasarkan beban.

7. Analisis Gugus Fungsi Menggunakan Spektrofotometer FTIR

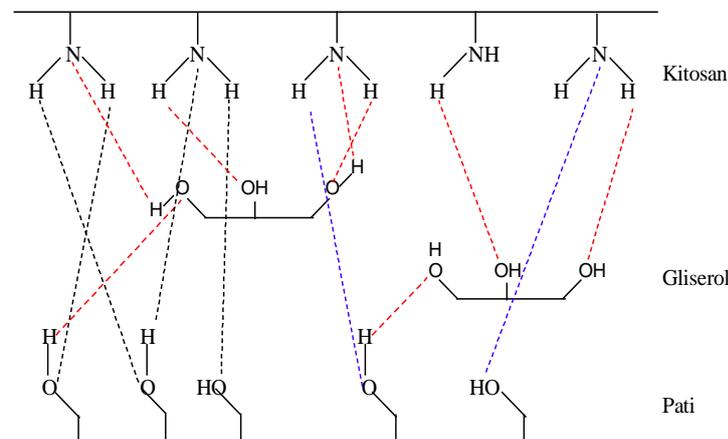
Analisis gugus fungsi menggunakan spektrofotometer FTIR untuk melihat puncak serapan dari gugus fungsi yang ada di produk bioplastik, menafsirkan keberadaan suatu gugus yang terdapat dalam senyawa tertentu. Menurut Darni, dkk (2014) bioplastik yang dapat terdegradasi ditandai dengan munculnya serapan puncak gugus fungsi karbonil (C=O), ester (C-O) dan karboksil (-OH) pada pengujian menggunakan alat instrumen FTIR (Fourier Transform-Infra Red). Spektrum FT-IR direkam menggunakan spektrofotometer pada suhu ruang. Sampel dalam bentuk film ditempatkan ke dalam set holder kemudian dicari spektrum yang sesuai (Jabbar, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pati yang telah diperoleh dari umbi talas dibuat *bioplastik* dengan penambahan variasi kitosan yang berfungsi sebagai penguat film *bioplastik*. Selanjutnya ditambahkan gliserol dengan variasi konsentrasi 2, 2.5 dan 3 % berfungsi sebagai *plasticizer* yang meningkatkan fleksibel pada *bioplastik*. Adapun bahan tambahan yang digunakan yaitu aquades yang berfungsi untuk melarutkan pati dan asam asetat berfungsi untuk melarutkan kitosan. Hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan lembaran *bioplastik* yaitu dengan campuran pati umbi talas, kitosan dan *plasticizer* sorbitol dan gliserol pada cetakan cawan petri dengan suhu 60°C selama 1 jam. Setelah kering, film plastik didinginkan pada suhu ruangan kemudian diangkat dari cetakan. Penelitian ini menggunakan 3 variasi kitosan yaitu menggunakan 0.5 gram, 0.75 gram dan 1 gram sebagai pembanding. Hasil yang diperoleh variasi kitosan dengan gliserol berupa lembaran berwarna putih, transparan dan elastis.



Gambar 1. Lembaran Bioplastik Menggunakan Plasticizer Gliserol dengan kitosan



Gambar 2. Reaksi antara pati, kitosan dan plasticizer gliserol.

Pengujian ketebalan *bioplastik* dilakukan menggunakan jangka sorong yang diperoleh dari hasil rata-rata pengukuran yang dilakukan pada lima titik berbeda. Pengujian ini dilakukan karena memiliki hubungan dengan nilai ketahanan air dan nilai kuat tarik pada *bioplastik*. Dimana semakin tebal ukuran *bioplastik* maka nilai ketahanan air dan nilai kuat tarik semakin meningkat (Setiani, dkk., 2013). Nilai ketebalan bioplastik dapat dilihat pada Tabel 1.

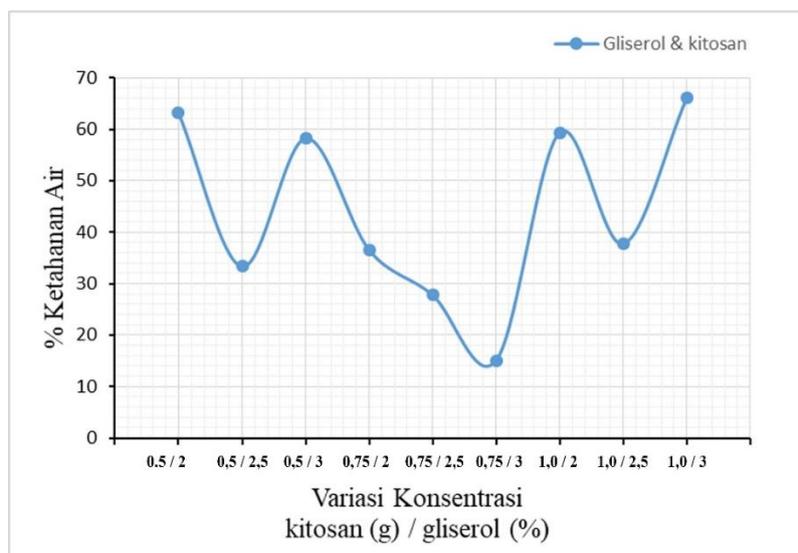
Tabel 1. Hasil pengukuran diameter *Bioplastik* dengan *plasticizer* gliserol

Sampel	Tebal Plastik (mm)
Pati + Kitosan (0.5 g) + Gliserol 2%	0.10 mm
Pati + Kitosan (0.5 g) + Gliserol 2.5%	0.10 mm
Pati + Kitosan (0.5 g) + Gliserol 3%	0.10 mm
Pati + Kitosan (0.75 g) + Gliserol 2%	0.10 mm
Pati + Kitosan (0.75 g) + Gliserol 2.5%	0.15 mm
Pati + Kitosan (0.75 g) + Gliserol 3%	0.15 mm
Pati + Kitosan (1.0 g) + Gliserol 2%	0.15 mm
Pati + Kitosan (1.0 g) + Gliserol 2.5%	0.20 mm
Pati + Kitosan (1.0 g) + Gliserol 3%	0.15 mm

Tabel tersebut menjelaskan bahwa ketebalan *bioplastik* terbesar yang di hasilkan adalah 0.20 mm pada variasi konsentrasi *platicizer* gliserol 2.5% dengan kitosan 1 gram dan ketebalan *bioplastik* terkecil yang dihasilkan yaitu 0.10 mm pada variasi konsentrasi *platicizer* gliserol 2% dengan kitosan 0.5 gram, gliserol 2.5% dengan kitosan 0.5 gram, gliserol 3% dengan kitosan 0.5 gram, dan gliserol 2% dengan kiotan 0.75 gram. Perbedaan ketebalan dikarenakan oleh jumlah padatan yang ditambahkan ke dalam *bioplastik*. Ketebalan yang melebihi standar akan berpengaruh pada ketahanan terhadap air dan sifat mekanik *bioplastik*. Jika *bioplastik* yang dihasilkan dibawah standar maka memiliki nilai mekanik yang kurang baik sehingga mudah sobek dan memiliki daya serap air yang besar sehingga nilai ketahanan airnya menurun. Nilai ketebalan maksimum film *bioplastik* berdasarkan standar industri pengemas makanan oleh *Japanesse Industrial Standart* (JIS) adalah 0.25 mm (Sofia dkk., 2016). Ketebalan *bioplastik* yang dihasilkan dari pati umbi talas pada penelitian ini berada pada rentang 0.10 mm sampai 0.20 mm, maka berdasarkan standar JIS nilai ketebalan *bioplastik* pati umbi talas telah memenuhi standar tersebut.

Tabel 2. Pengaruh *Plasticizer* Gliserol Terhadap % Ketahanan Air

Sampel	% Air yang diserap	% Ketahanan Air
Pati + Kitosan (0,5g)+ Gliserol 2%	36,87	63,13
Pati + Kitosan (0,5g)+ Gliserol 2,5%	66,66	33,33
Pati + kitosan (0,5g)+ Gliserol 3%	41,79	58,21
Pati + Kitosan (0,75g)+ Gliserol 2%	63,46	36,54
Pati+Kitosan (0,75g)+ Gliserol 2,5%	72,22	27,78
Pati+ Kitosan(0,75g) + Gliserol 3%	84,91	15,09
Pati +kitosan (1,0g) + Gliserol 2%	40,65	59,35
Pati +kitosan (1,0g) + Gliserol 2,5%	62,26	37,74
Pati +kitosan (1,0g) + Gliserol 3%	33,96	66,04



Gambar 3. Ketahanan Air Terhadap % Ketahanan Air

Berdasarkan Gambar 3. grafik hasil uji ketahanan air pada plastik yang menggunakan *plasticizer* gliserol dengan kitosan, hasil terbaik ada pada konsentrasi 3% dengan kitosan 1 gram sebesar 66.04%. Ketahanan air suatu plastik berkaitan dengan sifat dasar molekul penyusunnya, dimana bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati serta gliserol yang bersifat hidrofilik yaitu lebih mudah berikatan dengan air sehingga semakin bertambah konsentrasi *plasticizer* gliserol yang ditambahkan maka akan semakin bagus persen ketahanan air *bioplastik* (Darni dan Utami, 2010).

Tabel 3. Pengaruh *Plasticizer* Gliserol Terhadap % Kehilangan Berat pada *Bioplastik*

Sampel	Wo (gram)	% Kehilangan Berat			
		Hari ke 3	Hari ke 6	Hari ke 9	Hari ke 12
Pati+Kitosan(0,5g) +Gliserol					
2%	0,0681	13,95	21,58	24,81	29,66
2,5%	0,0783	15,45	17,49	21,71	22,86
3%	0,0402	14,92	21,89	24,37	36,81
Pati+Kitosan(0,75g) +Gliserol					
2%	0,1376	2,25	10,90	17,65	25,65
2,5%	0,0612	8,16	14,05	19,44	24,34
3%	0,0649	11,09	19,26	24,80	39,44
Pati+Kitosan(1,0g) +Gliserol					
2%	0,1120	2,23	5,62	43,21	48,30
2,5%	0,0841	8,32	12,96	22,35	30,08
3%	0,1088	2,84	23,52	32,53	38,23

Hasil yang diperoleh dari uji biodegradasi pada *bioplastik* menggunakan *plasticizer* gliserol mudah terurai selama 12 hari. Hasil uji biodegradasi ini sama seperti hasil penelitian sebelumnya oleh Azizaturrahmah (2019), dimana *bioplastik* menggunakan *plasticizer*

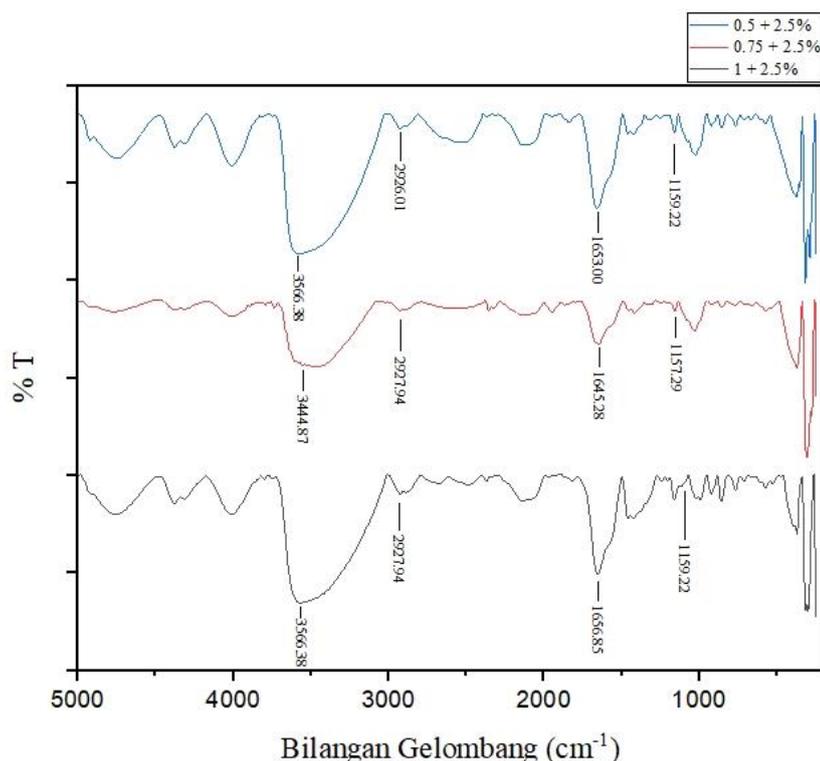
gliserol lebih mudah berikatan dengan air yang menyebabkan *bioplastik* lebih mudah berikatan dengan air dimana mudah mengalami kerusakan saat dimasukkan kedalam tanah. Gugus hidroksil –OH pada gliserol menyebabkan terjadinya reaksi hidrolisis pada *bioplastik* dengan air yang berada dalam tanah sehingga *bioplastik* lebih mudah mengalami kerusakan (Ardiansyah, 2011).

Persen kehilangan berat akan naik jika waktu pengukuran semakin lama. Hal tersebut dikarenakan semakin lama waktu penguburan maka kandungan pati yang berada di dalam *bioplastik* akan terdegradasi oleh mikroorganisme dalam tanah. Hal ini juga berhubungan dengan kemampuan plastik menyerap air, yaitu semakin banyak kandungan air dalam plastik, maka semakin mudah untuk terdegradasi. Sifat dari komponen penyusun *bioplastik* yang mudah didegradasi secara alami oleh bakteri dan hewan pengurai seperti cacing tanah juga mampu mempercepat terurainya suatu plastik. Hal ini diperkuat oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Khoramnejadian (2011) yang meneliti tentang *soil burial test* plastik *biodegradable*, bahwa plastik mengalami kerusakan seperti berlubang yang akan mempengaruhi pada matrix polimer dan mengakibatkan plastik menjadi rapuh.

Tabel 4. Pengaruh *Plasticizer* gliserol terhadap Kuat Tarik dan Elongasi pada *Bioplastik*

Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)
Pati+Kitosan+Gliserol 2%	6,9939	4,99
Pati+Kitosan+Gliserol 2,5%	9,4746	6,06
Pati+Kitosan+Gliserol 3%	8,6430	8,47

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 1.4** maka dapat diketahui bahwa nilai kuat tarik *bioplastik* menggunakan *plasticizer* gliserol bagus. *Bioplastik* yang baik ialah *bioplastik* yang memiliki nilai kuat tarik yang besar karena *bioplastik* dengan nilai kuat tarik yang besar dapat mengurangi kerusakan akibat dari aktivitas mekanik dan juga dapat melindungi produk yang dibungkus. Nilai kuat tarik *bioplastik* yang dihasilkan dari *plasticizer* gliserol dengan konsentrasi 2.5% telah memenuhi nilai SNI.



Gambar 4. Spektrum analisis FTIR *bioplastik* menggunakan *plasticizer* gliserol Karakterisasi

Karakterisasi menggunakan FTIR pada *bioplastik* dari pati umbi talas yang menggunakan *plasticizer* gliserol menunjukkan beberapa puncak bilangan gelombang. Terdapat gugus O-H pada bilangan gelombang 3444.87 – 3566.38 cm⁻¹, gugus C-O pada bilangan gelombang 1157.29 – 1159.22 cm⁻¹, gugus C-H pada bilangan gelombang 2926,01 – 2927.94 cm⁻¹, dan gugus N-H pada bilangan gelombang 1645 - 1656 cm⁻¹.

Hasil yang diperoleh diperkuat oleh penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Darni dan Utami (2010), bahwa adanya gugus fungsi C-O pada *bioplastik* memiliki kemampuan biodegradabilitas. Hal tersebut dikarenakan C-O merupakan gugus yang bersifat hidrofilik, yang mempunyai kemampuan dalam mengikat molekul-molekul air yang berasal dari lingkungan dan mengakibatkan mikroorganisme dapat masuk dalam matriks plastik.

KESIMPULAN

Hasil dari *Bioplastik* yang dibuat diperoleh berupa lembaran berwarna putih, transparan dan elastis serta memiliki nilai ketebalan sebesar 0.10 mm sampai 0.20 mm. Maka berdasarkan standar JIS, nilai ketebalan *bioplastik* pati umbi talas sudah memenuhi standar. Persentase ketahanan air *bioplastik* menggunakan *plasticizer* gliserol yaitu berkisar dari 15,09% sampai dengan 66,04%. Hasil pengujian mekanik *bioplastik* diperoleh *bioplastik* *plasticizer* gliserol dengan nilai kuat tarik berkisar 6,9939 MPa sampai 9,4746 MPa dan nilai elongasi kisaran 4,99% sampai 8,47%. Semakin bertambahnya konsentrasi *plasticizer* gliserol maka semakin meningkat persentase degradasi plastik. Hasil persentase degradasi dari *plasticizer* gliserol dengan konsentrasi 2% sebesar 48,30%, selama 12 hari.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kepada kementerian kebudayaan Universitas Negeri Makassar, dalam hal ini lembaga penelitian dan pengabdian dalam masyarakat (LP2M) yang telah mendanai hibah PNBP dengan nomor kontrak SP DIPA 023.17.2.677523/2021/23 November 2021.

REFERENSI

- Ardiansyah, Ryan. 2011. "Pemanfaatan Pati Ubi Jalar untuk Pembuatan Plastik Biodegradable". Fakultas Teknik Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia, Depok.
- Coniwanti, Pamilia., Linda Laila., dan Mardiyah Rizka Alfira. 2014. Pembuatan Film Plastik Biodegredebel dari Pati Jagung dengan Penambaham Kitosan dan Pemplastis Gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*. 20(4). 23.
- Darni dan Utami. 2010. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal rekayasa kimia dan lingkungan*. 7(4). 88-89.
- Ginting, Muhammad Hendra S., Rosdanelli Hasibuan., Rinaldi Febrianto Sinaga dan Gita Ginting. 2014. "Pengaruh Variasi Temperatur Gelatinisasi Pati Terhadap Sifat Kekuatan Tarik dan Pemanjangan Pada Saat Putus Bioplastik Pati Umbi Talas". *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Kristiani, Maria. 2015. "Pengaruh Penambahan Kitosan dan Plasticizer Sorbitol Terhadap Sifat Fisiko-Kimia Bioplastik dari Pati Biji Durian (*Durio Zibethinus*)". Fakultas Teknik Departemen Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.
- Lazuardi, Gilang Pandu dan Sari Edi Cahyaningrum. 2013. Pembuatan Dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Kitosan Dan Pati Singkong Dengan Plasticizer Gliserol. *UNESA Journal of Chemistry*. 2(3).
- Musthofa, M. H. 2011. Uji Coba Bahan Kantong Bioplastik Pati Dan Onggok Tapioka Dengan Gliserol Sebagai Plastizer. *Skripsi*. Jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Rahmawati, W., Y.A. Kusumastuti dan N. Aryanti. 2012. Karakteriasi pati talas (*Colocasia esculenta* (L) Schott) sebagai alternatif sumber pati industri di Indonesia. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 1(1):347-351.
- Sanjaya, I Gede., dan Tyas Puspita. 2011. Pengaruh Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol Pada Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Limbah Kulit Singkong. *Skripsi*. Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Setiani, Wini., Tety Sudiarti dan Lena Rahmidar. 2013. Preparasi dan Karakterisasi Edible Film dari Poliblend Pati Sukun Kitosan. *Jurnal Valensi*. 3(2). 101.
- Situmorang, Boy Darwin., Bambang Admadi Harsojuwono dan Amna Hartiati. 2019. Karakteristik Komposit Bioplastik dalam Variasi Rasio Maizena-Glukomanan dan Variasi PH Pelarut. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 7(3).
- Winarti, Christina., Miskiyah dan Widaningrum. 2012. Teknologi Produksi dan Aplikasi Pengemas Edible Antimikroba Berbasis Pati. *Jurnal Litbang*. 31(3). 85-86.