

PEMANFAATAN PEKTIN DAN KITOSAN DENGAN PLASTICIZER GLISEROL SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PEMBUATAN BIOPLASTIK

Khairul Iman¹✉, Emmidia Djonaedi², Mochammad Yana Hardiman³

^{1,2,3}Teknik Grafika dan Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta,

Jl. Prof. DR. G. A. Siwabessy, Kukusan, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat 16424

✉ e-mail : khairul.iman.tgp18@mhs.wpnj.ac.id

Abstract

The increasing use of petrochemical-based plastics has a negative impact on the environment. This type of plastic is difficult to decompose so the waste can cause damage to the ecosystem. Therefore, it is necessary to conduct research on the manufacture of environmentally friendly plastics, namely bioplastics. The purpose of making bioplastics is to reduce the use of petrochemical-based plastics. The raw material used is instant pectin extracted from orange peel with variations of 1%, 2% and 3% combined with chitosan and the addition of glycerol as a plasticizer. The purpose of this study was to obtain the optimal concentration of pectin for the manufacture of bioplastic combinations of chitosan and glycerol plasticizer. Research in using experimental methods in the laboratory begins with the preparation of the main ingredients, making bioplastics at a temperature of 70-80 °C, drying bioplastics at 60 °C for 24 hours and testing the characteristics of bioplastics. The results showed that the optimum concentration of pectin for the manufacture of bioplastics was a concentration of 3% pectin which produced a sufficient and smooth surface structure, clear but yellow-brown in color and not sticky. The results of the thickness test are 0.16 mm, the water resistance test is 97.4% and the biodegradability test is 97.2% in five days.

Keywords: Bioplastic, pectin, chitosan, glycerol.

Abstrak

Peningkatan penggunaan plastik berbasis petrokimia berdampak buruk bagi lingkungan. Plastik jenis ini sukar terurai sehingga limbahnya dapat menyebabkan kerusakan ekosistem. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai pembuatan jenis plastik yang ramah lingkungan yaitu bioplastik. Pembuatan bioplastik bertujuan untuk mengurangi penggunaan plastik berbasis petrokimia. Bahan baku yang digunakan adalah pektin instan hasil ekstraksi kulit jeruk dengan variasi 1%, 2% dan 3% yang dikombinasikan dengan kitosan dan penambahan gliserol sebagai plasticizer. Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh konsentrasi pektin optimal untuk pembuatan bioplastik kombinasi kitosan dan plasticizer gliserol. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium dimulai dengan persiapan bahan utama, pembuatan bioplastik dengan suhu 70-80 °C, pengeringan bioplastik pada suhu 60 °C selama 24 jam dan pengujian karakteristik bioplastik. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi optimum pektin untuk pembuatan bioplastik adalah konsentrasi pektin 3% menghasilkan struktur permukaan yang cukup homogen dan halus, berwarna bening namun kuning kecokelatan dan tidak lengket. Hasil uji ketebalan sebesar 0,16 mm, uji ketahanan air sebesar 97,4% dan uji biodegradabilitas sebesar 97,2% dalam lima hari..

Kata Kunci: Bioplastik, pektin, kitosan, gliserol.

PENDAHULUAN

Saat ini penggunaan plastik di kehidupan sehari-hari sudah sedemikian masif dan mengkhawatirkan. Sifat plastik konvensional berbasis minyak bumi yang sukar terurai menjadikannya sebagai salah satu penyebab pencemaran lingkungan terbesar. Setiap tahun terdapat sekitar delapan juta ton sampah plastik yang masuk ke laut dan

mengancam kehidupan biota di dalamnya [1]. Sementara penanggulangan sampah di darat pun masih belum maksimal. Kebanyakan sampah plastik hanya berakhir di tempat pembuangan sampah untuk kemudian dimusnahkan dengan cara dibakar. Padahal dampak dari penguraian sampah melalui proses pembakaran sangat

berbahaya bagi kesehatan karena senyawa dioksida yang dihasilkan [2].

Untuk menyelesaikan masalah tersebut dibutuhkan suatu solusi yaitu dengan mereduksi penggunaan plastik berbasis petrokimia dan beralih ke plastik yang mampu terurai secara alami dan berasal dari bahan terbarukan atau dikenal sebagai bioplastik. Plastik jenis ini dapat dibuat dari bahan-bahan yang tersedia di alam. Salah satu bahan baku potensial pembuatan bioplastik adalah hidrokoloid yang termasuk golongan karbohidrat seperti pati, alginat, gum arab dan pektin [3].

Pektin merupakan sekelompok polisakarida yang biasa ditemukan pada dinding sel tumbuhan. Penggunaan pektin umumnya dimanfaatkan pada industri pangan sebagai bahan pembuatan selai, jeli, makanan cokelat, kembang gula dan makaroni karena memiliki kemampuan gel yang optimum mampu membuat tekstur menjadi lebih baik, kuat dan stabil [4]. Namun sebagaimana kebanyakan hidrokoloid, pektin memiliki sifat hidrofilik atau mudah menyerap air sehingga bioplastik yang akan dihasilkan cenderung mudah sobek. Untuk itu perlu dikombinasikan dengan bahan lain yang bersifat hidrofobik dan mampu meningkatkan sifat mekanik bioplastik seperti kitosan.

Kitosan merupakan biopolimer alami yang diperoleh dari kulit binatang berkulit keras seperti kepiting dan udang. Pada proses pembuatan bioplastik, kitosan digunakan sebagai penstabil, pengental dan pembentuk lapisan pelindung jernih pada saat proses pembuatan film [5]. Selain itu alasan penggunaan kitosan sebagai bahan pembuatan bioplastik adalah karena relatif tahan terhadap migrasi oksigen dan karbondioksida serta penampakan tidak berminyak [6]. Akan tetapi penggunaan kitosan memiliki kelemahan yaitu mengakibatkan bioplastik menjadi rapuh dan kaku.

Untuk menghasilkan bioplastik yang lebih lentur perlu ditambahkan bahan aditif lain yakni *plasticizer* yang berfungsi untuk meningkatkan elastisitas film. Adapun jenis *plasticizer* yang biasa digunakan untuk pembuatan bioplastik berbahan pektin adalah *poly(ethylene glycol)* (PEG), *propylene glycol* dan gliserol [7]. Tujuan penambahan gliserol untuk pembuatan bioplastik adalah memberikan sifat fleksibilitas pada film bioplastik [8]. Selain untuk meningkatkan kelenturan, gliserol juga membuat film bioplastik dapat dengan mudah dicetak dan memiliki permukaan halus.

Selama ini pektin belum banyak dimanfaatkan dalam pembuatan bioplastik sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan bioplastik berbahan pektin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pektin terhadap karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Selain itu tujuan lainnya adalah untuk menentukan konsentrasi pektin yang optimal untuk pembuatan bioplastik dengan kombinasi kitosan dan *plasticizer* gliserol yang melalui analisis struktur permukaan, uji ketebalan, uji ketahanan air dan uji biodegradasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental di Laboratorium Ilmu Bahan Grafika di Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta.

Alat dan Bahan

Bahan utama dalam penelitian ini berupa pektin instan dari ekstraksi kulit jeruk yang divariasikan konsentrasinya yaitu 1%, 2% dan 3%. Bahan utama lain yang ditambahkan adalah kitosan 2% dan gliserol. Sedangkan alat-alat yang digunakan antara lain *beaker glass*, gelas ukur, labu takar, pipet ukur, *pipet ball*/karet penghisap, cawan petri, jar/stoples, neraca analitik, *hot plate*,

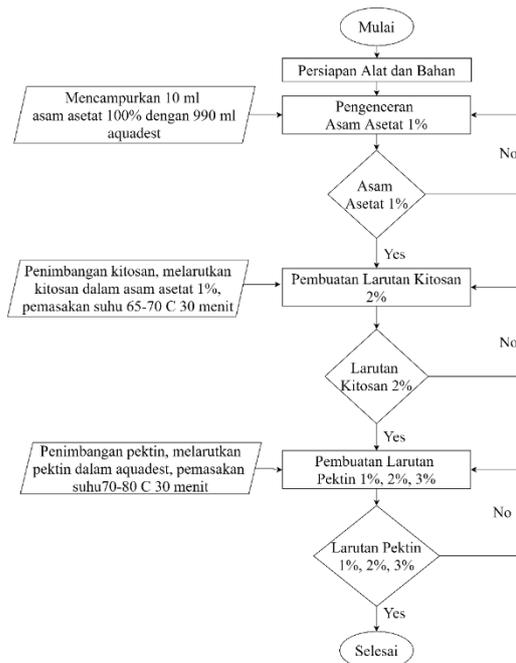
magnetic stirrer, termometer, pengaduk kaca, spuit/tabung suntikan, oven, lup/*magnifier* dan *thickness gauge*.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap penelitian, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan utama

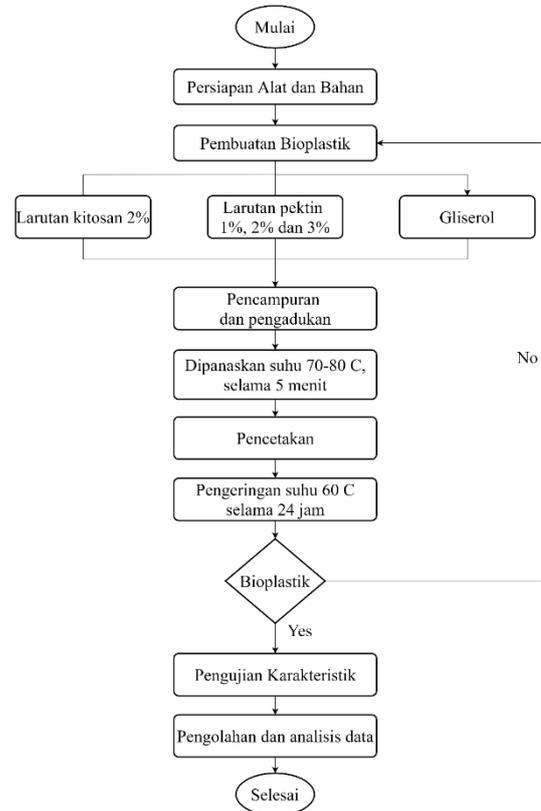
Bahan-bahan yang disiapkan pada tahap ini terdiri dari asam asetat 1%, larutan kitosan 2% dan larutan pektin yang divariasikan 1%, 2% dan 3% serta gliserol sebanyak 3 ml. Asam asetat 1% dibuat dengan cara mengencerkan 10 ml asam asetat 100% ke dalam labu takar 100 ml kemudian ditambahkan *aquades* hingga mencapai tanda batas. Larutan kitosan 2% dibuat melalui penimbangan kitosan sebanyak 2 g lalu dilarutkan dengan 100 ml asam asetat 1% dan dipanaskan pada suhu 65-70 °C selama 30 menit sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Sementara larutan pektin dibuat dengan cara melarutkan pektin sesuai dengan variasi (1%, 2% dan 3%) dengan 100 ml *aquades* dan dipanaskan pada suhu 70-80 °C selama 30 menit sambil diaduk hingga tergelatinasi.



Gambar 1. Tahap Persiapan Bahan Utama

2. Tahap pembuatan bioplastik

Pembuatan bioplastik menggunakan metode blending yaitu mencampurkan semua bahan yang sudah disiapkan dan dipanaskan di atas *hot plate*. Pertama, larutan pektin dengan variasi 1%, 2% dan 3% yang sudah tergelatinasi ditambahkan larutan kitosan 2% dan gliserol sebanyak 3 ml lalu diaduk dan dipanaskan pada suhu 70-80 °C dipertahankan selama 5 menit. Kemudian larutan bioplastik yang sudah homogen dicetak dalam cawan petri dan dipanaskan dengan oven pada suhu 60 °C selama 24 jam. Setelah kering bioplastik dikeluarkan dari oven dan didiamkan pada suhu ruang selama 30 menit sebelum dilepaskan dari cetakan.



Gambar 2. Tahap Pembuatan Bioplastik

3. Tahap pengujian bioplastik

Pengujian bioplastik yang dilakukan pada penelitian ini meliputi (a) analisis struktur permukaan melalui metode makroskopis dan mikroskopis [9], (b) uji ketebalan melalui pengukuran lembaran bioplastik di lima titik berbeda

menggunakan *thickness gauge* [10], (c) uji ketahanan air melalui metode perendaman lembaran bioplastik ukuran 2x2 cm selama 1 menit dalam 30 ml *aquadest* [11], dan (d) uji biodegradasi melalui metode *soil burial test* di mana lembaran bioplastik ukuran 2x2 cm dikubur di dalam tanah selama 5 hari dan diamati kehilangan beratnya setiap hari [12].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan bioplastik hasil campuran larutan pektin dengan variasi 1%, 2% dan 3%, larutan kitosan 2% dan gliserol sebanyak 3 ml.

Hasil Pembuatan Bioplastik

Dari hasil penelitian di yang telah dilakukan didapatkan lembaran bioplastik elastis berbentuk bulat dari hasil campuran larutan pektin dengan variasi 1%, 2% dan 3%, larutan kitosan 2% dan gliserol sebanyak 3 ml dengan ukuran 14,5 cm.

Analisis Struktur Permukaan

Analisis struktur permukaan bioplastik dilakukan melalui dua metode yaitu:

1. Metode Makroskopis

Metode ini dilakukan melalui pengamatan visual secara langsung. Pada penelitian ini diketahui bioplastik memiliki permukaan yang halus dengan perbedaan transparansi dan warna dari ketiga sampel. Semakin banyak pektin yang ditambahkan maka transparansi bioplastik semakin berkurang dan warnanya semakin kuning kecokelatan.

Hal ini disebabkan karena pada kulit jeruk terdapat komponen *epicarp* (flavedo) yang memiliki kandungan karotin yang memberi sifat warna [13].

Berdasarkan pengamatan terlihat juga bahwa penambahan konsentrasi pektin memengaruhi mudah tidaknya bioplastik dilepas dari cetakan. Semakin banyak konsentrasi pektin yang ditambahkan maka struktur bioplastik yang dihasilkan semakin rapat sehingga tidak lengket dan mudah untuk dilepaskan. Kelengketan yang dimiliki bioplastik berasal dari gliserol.

Penambahan gliserol mampu mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekular sehingga melunakkan struktur film [14]. Konsentrasi pektin yang kecil pada bioplastik pektin 1% membuat gliserol secara drastis melemahkan ikatan hidrogen yang terbentuk antara pektin dan kitosan sehingga mobilitas rantai polimernya meningkat.

Diketahui pula bahwa pada bioplastik dengan konsentrasi pektin 1% kekuatan regang putusanya lebih rendah dibanding bioplastik dengan konsentrasi pektin 2% dan 3%. Rendahnya ketahanan regang putus pada bioplastik dengan konsentrasi 1% membuat bioplastik mudah robek. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi pektin yang ditambahkan maka semakin tinggi pula nilai ketahanan regang putus bioplastik. Penambahan konsentrasi pektin mampu meningkatkan kekuatan gaya interaksi molekul sehingga ketahanan regang putus bioplastik semakin tinggi [15].



Gambar 3. Hasil Pembuatan Bioplastik

Selain itu adanya pengaruh dari kitosan juga membuat ketahanan regang putus bioplastik semakin tinggi. Penambahan kitosan menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen dalam bioplastik sehingga ikatan kimianya semakin kuat dan sulit diputus karena memerlukan energi yang besar untuk memutuskan ikatan tersebut [16].

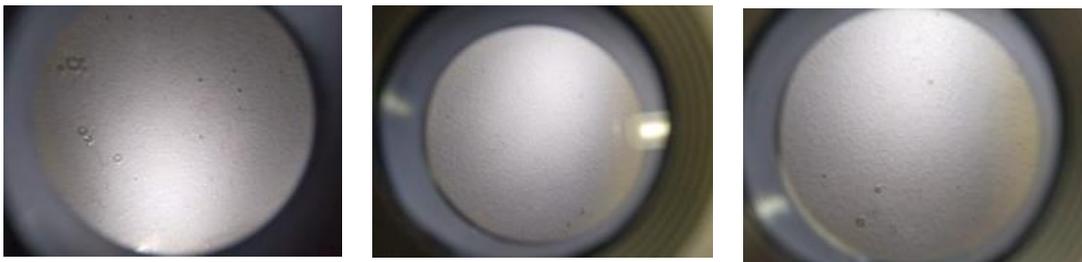
2. Metode Mikroskopis

Metode ini dilakukan melalui pengamatan menggunakan lup/magnifier dengan perbesaran 60 kali. Hasil pengamatan pada gambar 4 menunjukkan bahwa bioplastik yang dihasilkan memiliki homogenitas permukaan yang berbeda.

Pada bioplastik dengan penambahan pektin 1% memiliki permukaan yang tidak terlalu homogen jika dibandingkan dengan bioplastik dengan penambahan pektin 25 dan 3%. Terlihat pula terdapat gelembung udara pada bioplastik dengan konsentrasi pektin 1% dan 3%. Gelembung udara yang terbentuk disebabkan karena pengadukan yang kurang homogen pada saat pembuatan larutan bioplastik. Selain itu faktor suhu pemasakan larutan yang cukup tinggi (70 °C-80 °C) juga membuat adanya gelembung udara pada bioplastik karena *aquades* yang digunakan sebagai pelarut pektin melepaskan uap air (H₂O) dan terperangkap dalam larutan pektin yang tergelatinasi atau mengental.

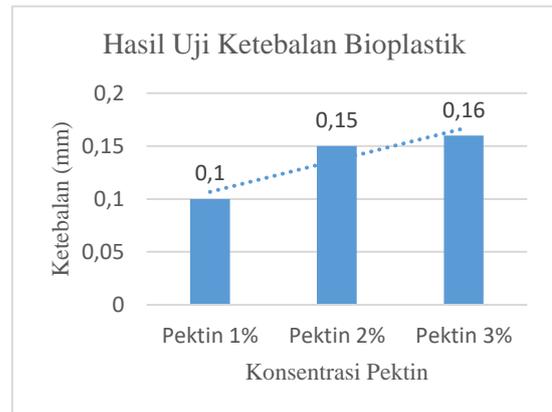
Hasil Uji Ketebalan

Dari gambar 5 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata ketebalan bioplastik mengalami peningkatan seiring dengan penambahan konsentrasi pektin.



Gambar 4. Hasil Uji Mikroskopis

Hal ini disebabkan oleh semakin tinggi konsentrasi pektin maka akan meningkatkan total padatan pada larutan bioplastik. Murdianto [17] mengemukakan bahwa perbedaan komposisi formula yang ditambahkan pada proses pembuatan film dapat menyebabkan perbedaan ketebalan.



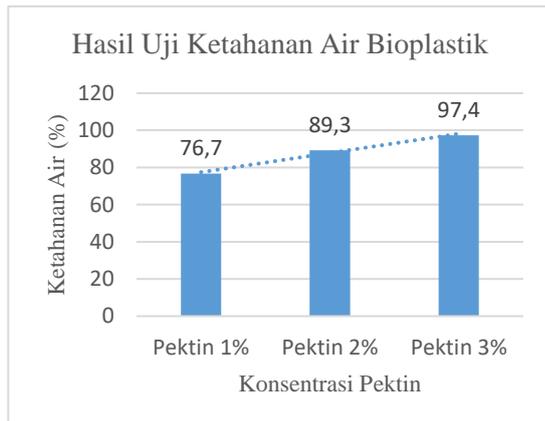
Gambar 5. Hasil Uji Ketebalan

Ketebalan bioplastik yang diperoleh pada penelitian ini adalah 0,10-0,16 mm. Ketebalan optimum didapatkan pada penambahan pektin konsentrasi 3% yakni dengan tebal bioplastik sebesar 0,16 mm. Sedangkan ketebalan minimum didapatkan pada penambahan pektin konsentrasi 1% yakni dengan tebal bioplastik sebesar 0,10 mm. Nilai ketebalan bioplastik yang dihasilkan dari penelitian ini dapat dikatakan telah memenuhi standar ketebalan yang baik berdasarkan *Japanese Industrial Standard* (JIS) yaitu sebesar $\leq 0,25$ mm.

Hasil Uji Ketahanan Air

Berdasarkan gambar 6 dapat diketahui bahwa nilai persen ketahanan air mengalami peningkatan seiring

dengan bertambahnya konsentrasi pektin. Hal itu mengindikasikan adanya hubungan yang berbanding lurus antara ketebalan dengan ketahanan air bioplastik. Peningkatan ketebalan bioplastik akan meningkatkan nilai ketahanan airnya. Semakin tinggi ketebalan bioplastik maka semakin tinggi pula kemampuan bioplastik dalam menghambat laju air [18].



Gambar 6. Hasil Uji Ketahanan Air

Selain itu, penambahan pektin mampu meningkatkan jumlah polimer penyusun matriks sehingga bioplastik yang dihasilkan semakin tebal. Hal ini menyebabkan volume dan jarak antar molekul semakin kecil karena adanya kuat interaksi antar-molekul yang terbentuk antara pektin dan kitosan [19]. Dampaknya bioplastik mampu menahan absorpsi air dengan baik karena ikatan yang kuat akan sulit diputus, sehingga untuk memutuskan ikatan akan diperlukan energi yang besar. Penggunaan kitosan juga mempengaruhi nilai ketahanan air. Sifatnya yang hidrofobik membuat kitosan memiliki tingkat resistensi terhadap air yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh kitosan mampu menutupi permukaan bioplastik dari keadaan berpori besar menjadi berpori kecil [20]. Hal ini dibuktikan oleh Indriyanto [21]. pada penelitiannya yaitu bioplastik tanpa penambahan kitosan memiliki tingkat kelarutan sebesar 80%. Nilai itu merupakan nilai kelarutan tertinggi dibanding bioplastik dengan

penambahan kitosan 5 ml, 10 ml, 15 ml dan 20 ml yang berarti penambahan kitosan akan menurunkan kelembapan bioplastik.

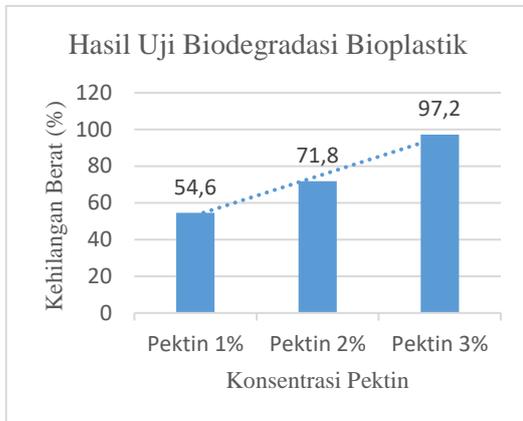
Hasil tersebut akan berbeda jika bioplastik yang dibuat tidak ditambahkan pektin sama sekali (0%) di mana bioplastik yang dihasilkan akan memiliki ketahanan air yang rendah meskipun kitosan bersifat hidrofobik karena polimer penyusun matriks bioplastik cenderung tipis dan pengaruh adanya gugus $-OH$ dari gliserol yang meningkatkan sifat hidrofilik [22]. Sedangkan apabila penambahan pektin semakin ditingkatkan maka ketahanan airnya akan semakin tinggi namun bioplastik yang dihasilkan cenderung kaku dan rapuh karena gaya interaksi antar matriks bioplastik semakin tinggi sehingga peran plasticizer sebagai pemlastis tidak terlalu berpengaruh.

Nilai ketahanan air yang diperoleh dari bioplastik dengan konsentrasi pektin 1%, 2% dan 3% secara berturut-turut adalah 76,6 %, 87,9% dan 97,4%. Jika dibandingkan dengan standar nilai ketahanan air berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu 99% maka nilai ketahanan air yang dimiliki bioplastik pada penelitian ini belum memenuhi standar. Namun bioplastik dengan konsentrasi pektin 3% adalah bioplastik yang memiliki nilai ketahanan air paling mendekati standar (SNI) sehingga masih memungkinkan untuk diaplikasikan sebagai plastik kemasan. Menurut Sulistriyono [23], plastik kemasan yang baik adalah plastik yang tahan terhadap air atau memiliki kemampuan penyerapan air yang sedikit.

Hasil Uji Biodegradasi

Berdasarkan gambar 7 dapat diketahui bahwa bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini dapat terdegradasi menggunakan media tanah. Sampel uji bioplastik memiliki persentase kehilangan berat yang bervariasi di mana perlakuan penambahan konsentrasi

pektin memiliki pengaruh terhadap kehilangan berat. Semakin tinggi konsentrasi pektin yang dilakukan maka semakin tinggi pula persentase kehilangan beratnya.



Gambar 7. Hasil Uji Biodegradasi

Hal itu terjadi karena pada dasarnya pektin merupakan bahan hidrofilik (menyerap air) dengan gugus hidroksil untuk mengikat air dalam tanah sehingga akan terdekomposisi menjadi potongan-potongan kecil atau biomassa (CO_2 dan H_2O) hingga menghilang dalam tanah.

Faktor lain yang mempercepat proses biodegradasi adalah penggunaan gliserol sebagai *plasticizer* yang mampu menyerap kandungan air dalam tanah. Menurut Suryani [24], gliserol merupakan polimer alami yang menyebabkan film bioplastik mudah terurai saat dikubur dalam tanah karena memiliki gugus hidroksil O-H sebagai penyerap air. Biodegradasi juga dipengaruhi oleh faktor eksternal diantaranya penguraian aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan kondisi lingkungan seperti suhu, intensitas cahaya matahari dan kelembaban [25]. Kondisi tanah yang lembap menjadi tempat pertumbuhan mikroorganisme yang baik sehingga dapat mempercepat proses penguraian.

Persentase yang diperoleh dari bioplastik dengan konsentrasi pektin 1%, 2% dan 3% secara berturut-turut adalah 54,6%, 71,8% dan 97,2%. Jika

dibandingkan dengan standar kehilangan berat dari Standar Nasional Indonesia (SNI) maka bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini telah memenuhi standar yaitu $<60\%$.

SIMPULAN

Pada penelitian ini dapat diketahui bahwa penambahan pektin berpengaruh terhadap karakteristik bioplastik yang dihasilkan yaitu seiring dengan peningkatan pektin maka transparansi warna semakin rendah namun meningkatkan kuat regang putus, ketebalan, ketahanan air dan biodegradabilitas. Nilai ketebalan bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar 0,10 mm-0,16 mm. sementara nilai ketahanan air bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar 76,7%-97,4% dan Nilai biodegradabilitas bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar 54,6%-97,2% serta dapat ditentukan bahwa konsentrasi pektin yang optimal untuk pembuatan bioplastik dengan kombinasi kitosan dan plasticizer gliserol diperoleh pada konsentrasi pektin 3%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada Politeknik Negeri Jakarta yang telah mendanai penelitian ini sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://nationalgeographic.grid>. 2020. Gita Laras Widyaningrum, National Geographic, 22 Agustus 2020.
- [2] Cengristitama dan Wulandari, G. A. 2021. Variasi Penambahan Kitosan dalam Pembuatan Bioplastik dari Limbah Sekam Padi dan Minyak Jelantah. *Jurnal TEDC*, 15(1), 8-14.
- [3] Indriyanto, I., Wahyuni, S. dan

- Pratjojo, W., 2014. Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable Pektin Lidah Buaya. *Indonesian Journal of Chemical Science*, Vol 3(2).
- [4] Rofikah, R., Pratjojo, W., & Sumarni, W. 2014. Pemanfaatan Pektin Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* Linn) Untuk Pembuatan Edible Film. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(1).
- [5] Widodo, L.U., Wati, S.N. and Vivi AP, N.M., 2019. Pembuatan Edible Film Dari Labu Kuning dan Kitosan Dengan Gliserol Sebagai Plasticizer. *Jurnal Teknologi Pangan*, 13(1), pp.57-65.
- [6] Rohman, M.A., 2016. Pengaruh Penambahan Glutaraldehyda Terhadap Karakteristik Film Bioplastik Kitosan Terplastis Carboxy Methyl Cellulose (CMC). *Disertasi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- [7] Aydinli, M., & Tutas, M. 2000. Water sorption and water vapour permeability properties of polysaccharide (locust bean gum) based edible films. *LWT-Food Science and Technology*, 33(1), 63-67.
- [8] Tamaela, Pieter dan Sherly Lewerissa. 2007. Karakteristik Edibel Film dari Karagenan. *Jurnal Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura. Ichtycos*, Vol.7, No. 1: 27-30.
- [9] Haryanto, H., & Titani, F. R. 2017. Bioplastik dari Tepung Tapioka dan Tepung Maizena. *Techno. Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto*, 18(1), 01-06.
- [10] Jabbar, U. F. 2017. Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Kulit Kentang (*Solanum Tuberosum*, L). *Doctoral dissertation*, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- [11] Illing, I., & Satriawan, M. B. 2018. Uji Ketahanan Air Bioplastik Dari Limbah Ampas Sagu Dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Gelatin. *Prosiding*, 3(1).
- [12] Jahit, I. S., Nazmi, N. N. M., Isa, M. I. N., & Sarbon, N. M. 2016. Preparation and physical properties of gelatin/CMC/chitosan composite films as affected by drying temperature. *International Food Research Journal*, 23(3).
- [13] Perina, I., Soetaredjo, F.E. dan Hindarso, H., 2017. Ekstraksi Pektin dari Berbagai Macam Kulit Jeruk. *Jurnal Widya Teknik*. Vol 6(1), pp.1-10.
- [14] Winarti, dkk. Teknologi Produksi dan Aplikasi Pengemas Edible Antimikroba Berbasis Pati. *Jurnal Litbang* Vol 31 (3), September 2012.
- [15] Rachmawati, A.K., 2009. Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin Cincau Hijau (*Premna Oblongifolia*. Merr) untuk Pembuatan Edible Film. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- [26] Indriyanto, I., Wahyuni, S. dan

- Pratjojo, W., 2014. Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable Pektin Lidah Buaya. *Indonesian Journal of Chemical Science*, Vol 3(2).
- [17] Murdianto, W. dkk. 2005. Sifat Fisik dan Mekanik Edibel Film dari Ekstrak Daun Janggolan (Mesona Palustri BI). *Jurna. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.
- [18] Cengristitama dan Wulandari, G. A. 2021. Variasi Penambahan Kitosan dalam Pembuatan Bioplastik dari Limbah Sekam Padi dan Minyak Jelantah. *Jurnal TEDC*, 15(1), 8-14.
- [19] Pradana, G.W., Jacob, A.M. and Suwandi, R., 2017. Karakteristik tepung pati dan pektin buah pedada serta aplikasinya sebagai bahan baku pembuatan edible film. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(3), pp.609-619.
- [20] Nahir, N. 2017. Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Biji Asam (Tamarindus Indica L.) *Doctoral dissertation*, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- [21] Indriyanto, I., Wahyuni, S. dan Pratjojo, W., 2014. Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable Pektin Lidah Buaya. *Indonesian Journal of Chemical Science*, Vol 3(2).
- [22] Utami, M.R., Latifah, L. and Widiarti, N., 2014. Sintesis Plastik Biodegradable dari Kulit Pisang dengan Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2).
- [23] Sulistriyono, A., Pratjojo, W., & Widiarti, N. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Plastik Edible Film dan Pektin Belimbing Wuluh Sebagai Pembungkus Wingko. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(3).
- [24] Suryani, R. R. 2021. Pemanfaatan Protein Ampas Tahu sebagai Bahan Dasar Pembuatan Bioplastik (Plastik Biodegradable). *Doctoral dissertation*, UIN Sunan Ampel Surabaya.
- [25] Pratjojo, W., 2014. Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable Pektin Lidah Buaya. *Indonesian Journal of Chemical Science*, Vol 3(2).