

Pengaruh Penambahan Zat Pemplastik Gliserol Terhadap Sifat Mekanik pada Pembuatan Bioplastik dari Kitosan - Umbi Porang (*Amorphophallus Muelleri Blume*)

Nur Hidayati, Putri Rahayu, Rania Nur Rachma*, dan Heni Angraini

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

*Corresponding author: ranianurrachma@gmail.com

(Received: 04 Jul 2021 • Revised: 14 Aug 2021 • Accepted: 17 Aug 2021)

Abstract

*Plastics are generally difficult to decompose naturally by microorganisms. Bioplastics are plastics that are easily destroyed and decomposed by the activity of microorganisms. Porang (*Amorphophallus muelleri Blume*) is a tuber plant. The high content of glucomannan in porang tubers is used as a material for making bioplastics. Environmentally friendly bio-composite plastics from chitosan and porang tubers were prepared by the solution casting method. This study aims to examine the effect of adding glycerol zat pemplastik (5, 10, 15, 20, and 25) to the mechanical properties of bioplastics such as tensile strength and elongation, biodegradation properties, water absorption ability and analysis of the functional groups that make up the chemical bonds. The results showed that the tensile strength and elongation were influenced by the amount of glycerol zat pemplastik in it. Increasing the amount of glycerol in bioplastics reduces tensile strength but increases elongation. Bioplastic is able to absorb water well up to 166,67% which causes the material to be easily degraded. In less than a month, the chitosan-porang tuber bioplastic has completely decomposed.*

Abstrak

Plastik pada umumnya sulit terurai secara alami oleh mikroorganisme. Bioplastik merupakan plastik yang mudah hancur dan terurai oleh aktivitas mikroorganisme. Porang (*Amorphophallus muelleri Blume*) merupakan salah satu tanaman umbi-umbian. Kandungan glukomannan pada umbi porang yang cukup tinggi digunakan sebagai bahan pembuatan bioplastik. Plastik bio-komposit ramah lingkungan dari kitosan dan umbi porang dibuat dengan metode *casting* larutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan zat pemplastik gliserol (5, 10, 15, 20, dan 25) terhadap sifat mekanik bioplastik seperti sifat kuat tarik dan kemuluran, sifat biodegradasi, kemampuan serap air dan analisis gugus fungsional penyusun ikatan kimianya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tarik dan kemuluran dipengaruhi oleh banyaknya zat pemplastik gliserol di dalamnya. Peningkatan jumlah gliserol dalam bioplastik mengurangi kuat tarik tetapi meningkatkan kemuluran. Bioplastik mampu menyerap air dengan baik sampai 166,67% yang menyebabkan material mudah terdegradasi. Dalam waktu kurang dari satu bulan, bioplastik kitosan-umbi porang telah terurai sempurna.

Keywords : FTIR analysis, biodegradation, tensile strength, casting method.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi polimer plastik telah membawa banyak manfaat dalam kehidupan manusia. Plastik banyak digunakan baik dalam industri pangan maupun non pangan, karena plastik mempunyai keunggulan diantaranya transparan, fleksibel, ringan, tidak mudah pecah, tahan air, dan tidak korosif [1]. Bahan pembuatan plastik merupakan bahan dengan struktur molekul yang sangat kompleks sehingga menyebabkan plastik sulit didegradasi oleh mikroorganisme dan menimbulkan pencemaran serta kerusakan pada lingkungan [2].

Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan sampah plastik adalah dengan membuat plastik ramah lingkungan (bioplastik). Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengembangkan bahan komposit yang berkelanjutan untuk berbagai aplikasi industri dengan sifat yang dapat diperbarui, dapat terurai secara alami, berbiaya rendah, dan tidak bersumber dari minyak bumi. Bioplastik merupakan plastik yang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme dari sumber senyawa-senyawa dalam tanaman misalnya polisakarida, selulosa, dan lignin [3].

Kitosan merupakan bahan biopolimer yang paling disukai karena sifatnya yang *biocompatible*, *biodegradable*, tidak toksik, anti oksidan, antimikroba dan anti kanker, serta harganya yang murah [4]. Kitosan terbuat dari kitin yang merupakan polisakarida linear yang meliputi 1,4-N-asetilglukosamin yang banyak terdapat dalam limbah hasil laut dan murah harganya [4]. Pemanfaatan kitosan pada bidang farmasi, kosmetik, sistem pemisahan biokimia dan rekayasa jaringan telah banyak dilakukan [5]. Sifat kitosan yang mudah larut dalam larutan asam dan luas permukaannya yang rendah merupakan keterbatasannya untuk diaplikasikan secara luas di industri kemasan [6]. Bahan polisakarida lain seperti seperti singkong, umbi porang, jagung, beras, kentang, dan kacang tanah, yang ketersediannya cukup melimpah di Indonesia juga sebagai bahan pembuatan plastik karena memiliki sifat *biodegradable*, kemudahan proses, dan ekonomis [7]. Namun karena sifatnya yang hidrofilik dan bukan termoplastik, sehingga sifat mekanik dan fisiknya yang lemah maka biofilm dari polisakarida ini sering dicampur dengan bahan lain.

Umbi porang berpotensi sebagai bahan pembuatan bioplastik. Glukomanan yang terdapat dalam umbi porang memiliki gusur asetil yang mampu berikatan dengan amilopektin pati untuk membentuk ikatan silang [8]. Pencampuran antara kitosan dan umbi porang diharapkan dapat memperbaiki sifat plastik sesuai kebutuhan. Untuk menghasilkan ikatan yang kuat antara komposit kitosan dan glukomanan yang terdapat dalam umbi porang diperlukan penambahan *zat pemlastik* seperti gliserol [9] yang berfungsi mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga meningkatkan jarak intermolekuler [10].

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan *zat pemlastik* gliserol pada pembuatan bioplastik dari kitosan dan umbi porang (*Amorphophallus Muelleri Blume*) dengan persentase 5, 10, 15, 20, dan 25%. Penggunaan tepung umbi porang secara langsung tanpa isolasi glukomanan diharapkan dapat menyederhanakan tahap persiapan bahan baku sehingga lebih ekonomis. Sifat bioplastik yang diuji meliputi: kuat tarik, kuat mulur, biodegradasi, dan daya serap air dan analisis gugus fungsional menggunakan spektroskopi Fourier Transform Infra Red (FTIR).

METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian disusun menggunakan metode rancangan acak lengkap satu faktor. Faktor yang divariasikan adalah persentase zat pemlastik gliserol dalam campuran

kitosan dan umbi porang. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Material

Umbi porang diperoleh dari petani lokal yang ada di Kedunggalar, Kabupaten Ngawi. Kitosan dengan kualitas *food grade* diperoleh dari Institut Pertanian Bogor. Asam asetat dan gliserol dari Merk dengan kualitas *pro analysis* diperoleh dari supplier di Semarang.

Pembuatan Tepung Umbi Porang

Umbi porang dipisahkan dari kulit dan pengotor luar terlebih dahulu. Kemudian umbi dipotong kecil-kecil dan dikeringkan dengan sinar matahari sampai kering. Umbi porang selanjutnya ditumbuk sampai menjadi bubuk. Tepung kemudian diayak menggunakan ayakan 200 mesh.

Pembuatan Bioplastik

Larutan kitosan dipersiapkan dengan cara melarutkan 2gram bubuk kitosan ke dalam larutan asam asetat 2% sampai diperoleh berat total 100gram campuran, kemudian campuran diaduk selama 30 menit. Tepung porang sebanyak 0,2gram dicampur dengan 20gram larutan kitosan. Setelah diaduk beberapa saat campuran kitosan dan tepung porang ditambah dengan gliserol sebanyak variasi yang ditentukan yaitu 5, 10, 15, 20, dan 25%. Kemudian campuran diaduk hingga homogen. Larutan yang sudah terbentuk dicetak diatas pelat kaca 20x20 cm, kemudian untuk menguapkan pelarutnya, pelat kaca dimasukkan kedalam oven pada suhu 60°C selama 8 jam. Setelah kering plastik dilepaskan dari cetakan secara perlahan.

Uji Kuat Tarik dan Kemuluran

Sifat mekanik bioplastik ditentukan dengan pengukuran kuat tarik dan kemuluran menggunakan alat Universal Tensile Machine. Pengujian menggunakan prosedur standar ASTM D790. Pengukuran kuat tarik dan kemuluran dilakukan pada kecepatan *crosshead* 0,5 mm/menit, jarak awal 70 mm dan kekuatan 5 N digunakan untuk melakukan pengujian.

Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui kemampuan bioplastik dalam mengabsorpsi air. Bioplastik dengan ukuran 2x2 cm direndam dalam air selama 1 jam. Berdasarkan hasil pengukuran berat basah dan kering bioplastik, kemampuan daya serap air bioplastik dihitung dengan persamaan (1).

$$\text{Daya serap air} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

W = berat bioplastik basah

W_0 = berat bioplastik kering

Uji Biodegradasi

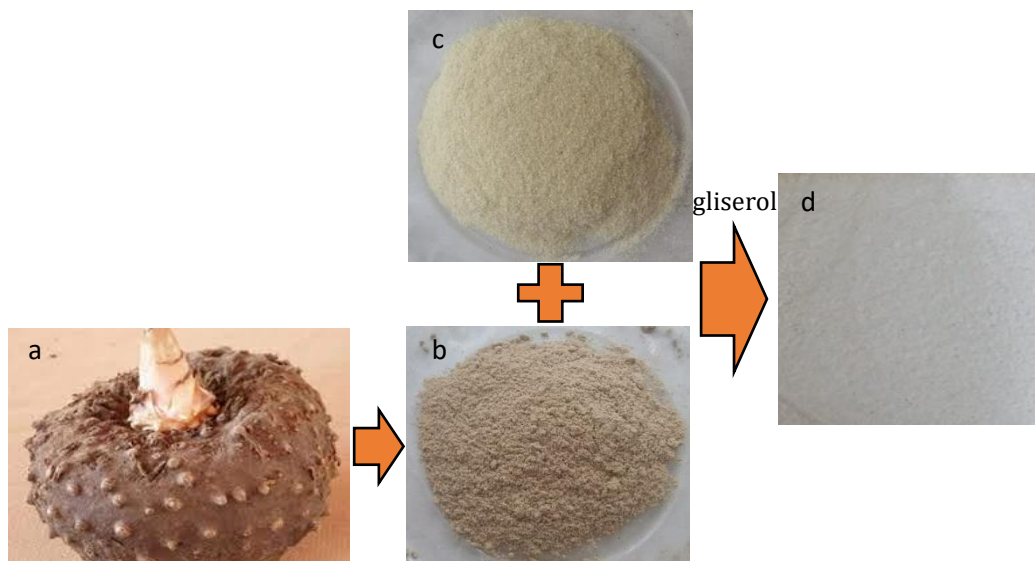
Degradasi bioplastik kitosan-tepung umbi porang dilakukan dengan metode penanaman dalam tanah. Bioplastik dengan ukuran 2x2 cm ditimbun dengan tanah dengan kedalaman 8 cm. Tanah disiram dengan air secara reguler untuk menjaga tanah tetap lembab. Lapisan film setiap interval waktu 7 hari untuk dilakukan pengamatan. Hasil uji biodegradasi berupa jumlah hari ketika sampel plastik terurai sempurna.

Analisis Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR)

Spektrum FTIR dari bioplastik komposit kitosan-umbi porang dengan perbedaan persentase zat pemlastik gliserol dilakukan menggunakan Shimadzu Spectrometers dengan *mode* transmittan dari bilangan gelombang 500 sampai 4000 cm^{-1} pada resolusi 2 cm^{-1} .

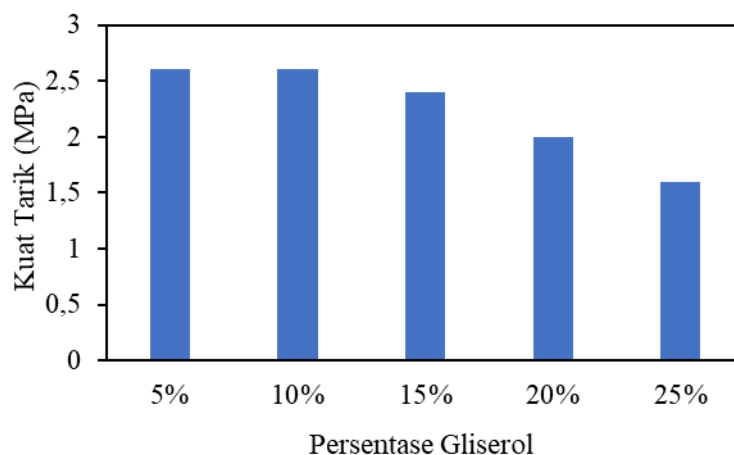
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini bioplastik dibuat dengan mencampurkan kitosan dan umbi porang. Gliserol ditambahkan sebagai bahan pemlastik agar terjadi ikatan silang pada polimer yang dihasilkan. Pada penelitian ini dihasilkan warna bioplastik coklat transparan dan lebih cerah jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya [11]. Bioplastik yang dihasilkan memiliki ketebalan rata-rata 0,01 mm. Gambar digital kitosan, umbi porang dan bioplastik yang dihasilkan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Foto digital dari (a) umbi porang, (b) tepung porang, (c) bubuk kitosan, dan (d) bioplastik kitosan-umbi porang.

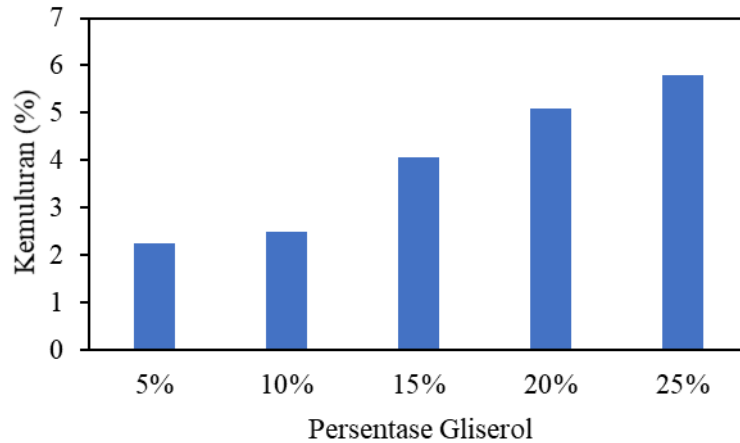
Uji Kuat Tarik dan Kemuluran



Gambar 2. Pengaruh variasi gliserol terhadap kuat tarik bioplastik

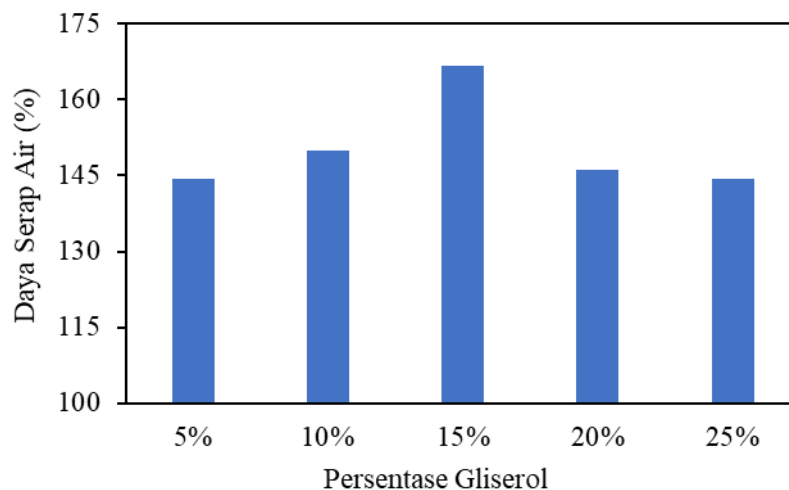
Gambar 2 merupakan grafik hubungan antara persentase gliserol yang ditambahkan ke dalam komposit kitosan-umbi porang terhadap sifat kuat tarik pada bioplastik. Pada Gambar 2 menjelaskan bahwa peningkatan banyaknya zat pemlastik gliserol di dalam komposit menurunkan nilai kuat tarik. Penambahan gliserol 5 dan 10% menghasilkan nilai kuat tarik yang sama, yaitu 2,6 MPa. Penambahan zat pemlastik selanjutnya sampai 25% menurunkan kuat tarik komposit bioplastik. Sesuai dengan penelitian yang telah dilaporkan Prapdipta dan Mawarani bahwa semakin banyak zat pemlastik gliserol yang ditambahkan pada glukomanan maka kuat tarik bioplastik akan semakin menurun [11]. Tren yang sama juga ditunjukkan oleh bioplastik yang terbuat dari tepung gandum *gliadin*, penambahan kandungan gliserol menurunkan kekuatan [12]. Penurunan kuat tarik tersebut disebabkan karena zat pemlastik gliserol mengisi ruang intermolekuler dalam rantai polimer, sehingga molekul-molekul pada zat pemlastis mengurangi energi yang dibutuhkan molekul untuk bergerak sehingga kekakuannya meningkat yang mengakibatkan menurunnya kekuatan tarik. Keberadaan gliserol mempengaruhi gaya antarmolekul, peningkatan jumlah gliserol menurunkan gaya antarmolekul dalam rantai polimer dan kekuatan mekanik [13]. Penurunan gaya antarmolekul disebabkan karena terganggunya kohesivitas molekul pati [14].

Hubungan antara variasi gliserol dengan kuat mulur pada bioplastik disajikan pada Gambar 3. Penambahan zat pemlastik gliserol dalam bioplastik sedikit menaikkan nilai kemuluran bioplastik, hal ini berarti bahwa zat pemlastik memberikan sifat elastis pada bioplastik. Nilai kemuluran berada sekitar 2-6% dengan penambahan gliserol dari 5-25%. Kecenderungan yang sama terjadi pada bioplastik dari terbuat dari pati aren-glukomanan, suweg dan ganyong, peningkatan gliserol pada dua jenis bioplastik tersebut meningkat dengan meningkatnya zat pemlastik dalam bioplastik [15], [16]. Zat pemlastik gliserol menempati ruang intermolekuler dalam rantai polimer, sehingga zat pemlastis mengurangi gaya antar molekul dan berakibat tingkat mobilitas antar molekul meningkat [15], selain itu terjadi peningkatan ikatan gugus $-OH$ dari umbi porang dengan gugus $-NH_2$ dari kitosan yang berakibat pada peningkatan elastisitas.



Gambar 3. Pengaruh variasi gliserol terhadap kemuluran bioplastik.

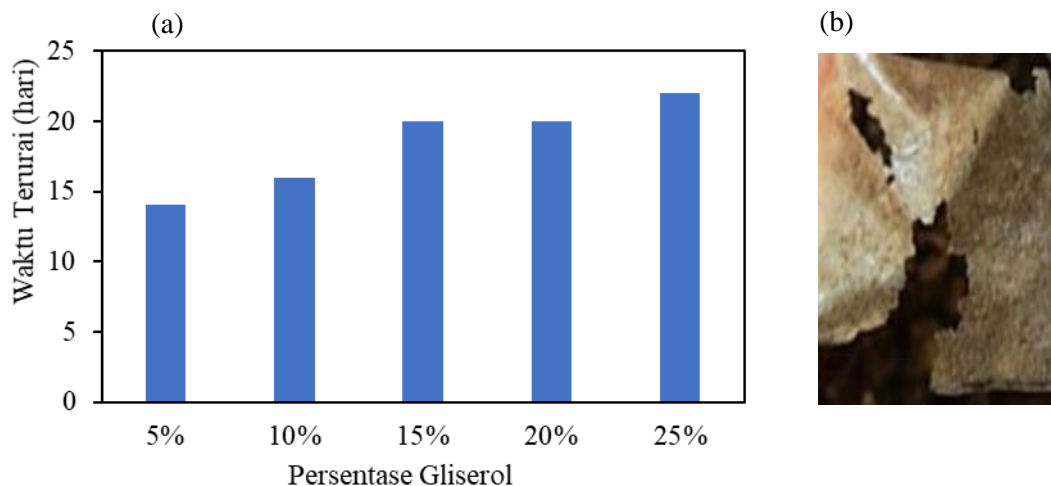
Uji Daya Serap Air



Gambar 4. Daya serap air bioplastik kitosan-umbi porang sebagai fungsi persentase gliserol sebagai zat pemlastik.

Gambar 4 merupakan grafik hubungan antara variasi gliserol dengan daya serap pada bioplastik. Penambahan zat pemlastik gliserol sampai dengan 15% ke dalam komposit kitosan-umbi porang meningkatkan kemampuan film untuk menyerap air, setelah itu penambahan selanjutnya menurunkan kemampuan daya serapnya. Peningkatan daya serap air oleh bioplastik kitosan-umbi porang ini mungkin disebabkan oleh sifat kitosan yang hidrofilik dan mampu mengikat air sampai batas tertentu. Peningkatan konsentrasi zat pemlastik lebih selanjutnya menyebabkan peningkatan derajat hubungan silang antar rantai polimernya dan menurunkan tingkat penyerapan air di dalam film [17]. Daya serap air paling rendah pada penambahan gliserol 5% yaitu sebesar 144% sedangkan paling tinggi yaitu pada penambahan gliserol 15% yaitu sebesar 167%. Kemampuan bioplastik menyerap air mengindikasikan kemampuan degradabilitas plastik, plastik yang hidrofilik menunjukkan plastic yang dapat terdegradasi secara mudah.

Uji Biodegradasi



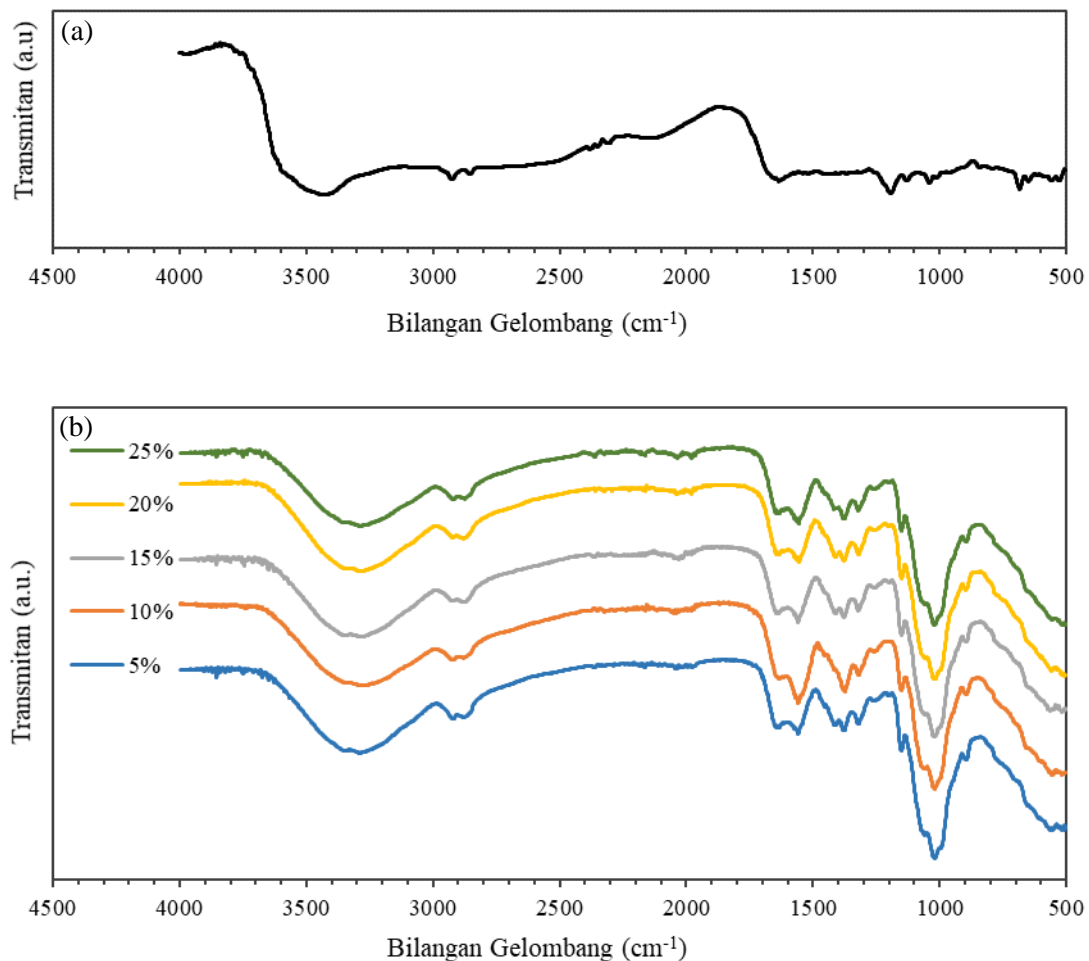
Gambar 5. Waktu terurai bioplastik kitosan-umbi porang vs persentase gliserol (a), dan (b) tampilan digital bioplastik yang mulai terurai.

Pengaruh banyaknya gliserol dengan tingkat biodegradasi bioplastik kitosan-umbi porang ditunjukkan oleh Gambar 5(a) dan tampilan digital bioplastik yang mulai terurai. Peningkatan jumlah gliserol dalam komposit bioplastik menyebabkan bertambahnya waktu untuk terurai. Pada penelitian ini bioplastik dapat terdegradasi selama 14-21 hari. Jumlah gliserol yang paling sedikit menghasilkan bioplastik paling cepat terdegradasi yaitu pada variasi gliserol 5% selama 14 hari. Hal tersebut selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Hilwatullisan dan Hamid dengan menggunakan bahan baku pati talas, penambahan zat pemlastik gliserol menyebabkan waktu terdegradasi akan lebih lama karena zat pemlastik gliserol memiliki sifat yang kuat dan hidrofobik [18]. Selama proses degradasi berlangsung, bioplastik akan semakin kehilangan ukuran dan berat, serta berubah menjadi kaku dan rapuh, terlihat pada Gambar 5 (b) bioplastik kitosan-umbi porang yang mulai sobek.

Analisis FTIR

Spektrum FTIR gugus fungsional pada bioplastik kitosan dan kitosan- umbi porang dengan variasi persentase gliserol ditunjukkan oleh Gambar 6 (a) dan 6 (b). Pita lebar pada bilangan gelombang $3300-3600\text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi peregangan gugus O–H pada bioplastik kitosan. Daerah bilangan gelombang ini mengalami pelebaran ke arah bilangan gelombang yang lebih rendah untuk bioplastik kitosan-umbi porang karena selain terjadi peregangan gugus O–H yang merupakan kontribusi adanya mannososa dan glukosa, juga terobservasinya gugus N–H dari protein [19]. Pelebaran daerah panjang gelombang ini menunjukkan interaksi yang kuat dari ikatan intermolekuler hidrogen antara kitosan dengan umbi porang [20]. Baik kitosan murni maupun komposit kitosan-umbi porang menunjukkan puncak pada daerah yang sama sekitar $2800-2900\text{ cm}^{-1}$ yang berasal dari peregangan ikatan C–H. Puncak absorpsi dapat diobservasi untuk kitosan murni pada panjang gelombang 1630 dan 1552 cm^{-1} yang merupakan peregangan ikatan C=O dari gugus asetil kombinasi ikatan N–H dan getaran peregangan C–N [21]. Intensitas transmitan tampak jelas pada bioplastik kitosan-umbi porang dengan bilangan gelombang sekitar 1555 cm^{-1} dengan adanya gugus –CONH dari amida protein yang berasal dari glukomanan. Peregangan gugus ester C–O

yang kuat terlihat pada bilangan gelombang 950-1200 cm^{-1} yang hanya terobservasi pada bioplastik kitosan-umbi porang. Keberadaan gugus fungsional hidroksida (O-H), karbonil (C=O) dan ester (C-O) menunjukkan plastik yang dapat terbiodegradasi [22].



Gambar 6. Spektrum FTIR: (a) bioplastik kitosan, dan (b) bioplastik kitosan-umbi porang dengan variasi konsentrasi gliserol.

KESIMPULAN

Bioplastik dengan ketebalan yang seragam dari larutan kitosan dan tepung umbi porang berhasil dibuat dengan menggunakan metode *casting*. Kekuatan lembaran bioplastik kitosan-umbi porang berkurang dengan meningkatnya kandungan zat pemlastik gliserol di dalamnya. Efek sebaliknya terjadi pada sifat kemuluran dan kemampuan daya serapnya terhadap air. Analisis gugus fungsional dengan menggunakan FTIR membuktikan bahwa gugus fungsional yang ada dalam tepung umbi porang terikat secara baik dengan gugus fungsional kitosan dan menunjukkan keberadaan gugus fungsional hidroksil, karbonil dan ester yang mudah terbiodegradasi. Hasil uji biodegradasi dengan metode penimbunan dengan tanah memperkuat bahwa bioplastik ini layak untuk dikembangkan karena mudah terdegradasi dalam waktu yang tidak lama, kurang dari 21 hari sehingga bioplastik ini merupakan material yang ramah terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Lutfi, S. H. Sumarlan, B. Susilo, R. Zenata, and L. P. R. Perdana, "The Glycerol Effect on Mechanical Behaviour of Biodegradable Plastic from the Walur (*Amorphophallus paenifolius* Var . *sylvestris*)," *An Int. Q. Sci. J.*, vol. 16 No. 4, pp. 1121–1124, 2017.
- [2] H. Muhammad, "Pengaruh Komposisi Berat Kitosan dan Volume Asam Aasetat Terhadap Kualitas Bioplastik dari Umbi Singkong Karet (*Manihot glaziovii*)," surakarta, 2018.
- [3] S. S. Udjiana, S. Hadianoro, M. Syarwani, and P. H. Suharti, "Pembuatan dan Karakterisasi Plastik Biodegradable dari Umbi Talas (*Xanthosoma sagittifolium*) dengan Penambahan Filler Kitosan dan Kalsium Silikat," *J. Tek. Kim. dan Lingkungan.*, vol. 3, no. 9, pp. 10–19, 2019.
- [4] M. Mujtaba *et al.*, "International Journal of Biological Macromolecules Current advancements in chitosan-based film production for food technology ; A review," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 121, pp. 889–904, 2019.
- [5] C. S. Karua and A. Sahoo, "Synthesis and characterization of starch / chitosan composites," *Mater. Today Proc.*, vol. 33, no., pp. 5179–5183, 2020.
- [6] A. B. Perumal, P. S. Sellamuthu, R. B. Nambiar, and E. R. Sadiku, "Development of polyvinyl alcohol/chitosan bio-nanocomposite films reinforced with cellulose nanocrystals isolated from rice straw," *Appl. Surf. Sci.*, pp. 1–12, 2018.
- [7] G. Pandu Lazuardi and S. E. Cahyaningrum, "Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik berbahan dasar Kitosan dan Pati Singkong dengan Plasticizer Gliserol," *UNESA J. Chem.*, vol. 2, no. 3, pp. 161–166, 2013.
- [8] C. Indrawati, B. Harsojuwono, and A. Hartiati, "Karakteristik Komposit Bioplastik Glukomanan Dan Maizena Dalam Pengaruh Variasi Suhu Dan Waktu Gelatinisasi," *J. Rekayasa dan Manaj. Agroindustri*, vol. 7, no. 3, pp. 468–477, 2019.
- [9] Y. M. Navarro *et al.*, "Starch/chitosan/glycerol films produced from lowvalue biomass: effect of starch source and weight ratio on film properties," *J. Phys. Conf. Ser. Pap.*, pp. 1–13, 2019.
- [10] I. G. A. A. M. Pradnya and I. W. Arnata, "Pengaruh Campuran Bahan Komposit Dan Konsentrasi Gliserol Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Pati Kulit Singkong Dan Kitosan," *J. Rekayasa dan Manaj. Agroindustri*, vol. 3, no. 3, pp. 41–50, 2015.
- [11] I. M. D. Pradipta and L. J. Mawarani, "Pembuatan dan Karakterisasi Polimer Ramah Lingkungan Berbahan Dasar Glukomanan Umbi Porang," *J. Sains dan Seni Pomits*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.
- [12] S. Sun, Y. Song, and Q. Zheng, "Morphology and mechanical properties of thermo-molded bioplastics based on glycerol-plasticized wheat gliadins," *J. Cereal Sci.*, vol. 48, no. 3, pp. 613–618, 2008.
- [13] V. M. Hernandez-Izquierdo and J. M. Krochta, "Thermoplastic Processing of Proteins

- for Film Formation — A Review,” *J. Food Sci.*, vol. 73, no. 2, pp. 30–39, 2008.
- [14] J. Ose, K. Ziani, J. I. Mate, and M. Rodrı, “Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films,” *Food Res. Int.*, vol. 39, pp. 840–846, 2006.
- [15] T. Rusianto, M. Yuniwati, and H. Wibowo, “Effect Carrageenan to Biodegradable Plastic From Tubers,” *J. bahan Alam terbarukan*, vol. 8, no. 2, pp. 148–155, 2019.
- [16] S. Purnavita, D. Y. Subandriyo, and A. Anggraeni, “Penambahan Gliserol terhadap Karakteristik Bioplastik dari Komposit Pati Aren dan Glukomanan,” *Metana Media Komun. Rekayasa Proses dan Teknol. Tepat Guna*, vol. 16, no. 1, pp. 19–25, 2020.
- [17] J. M. Aguilar, C. Bengoechea, E. Pérez, and A. Guerrero, “Effect of different polyols as plasticizers in soy based bioplastics,” *Ind. Crop. Prod.*, vol. 153, no. August 2019, pp. 1–7, 2020.
- [18] H. Hilwatullisan and I. Hamid, “Pengaruh Kitosan dan Plasticizer Gliserol Dalam Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Pati Talas,” *Pros. Semin. Nas. II Has. Litbangyasa Ind.*, vol. 2, no. 2, pp. 221–227, 2019.
- [19] D. Felix, C. Yara, L. Ogawa, A. M. Neto, F. H. Larsen, and T. Matumoto-pintro, “Chemical and physical characterization of Konjac glucomannan-based powder by FTIR and ¹³C MAS NMR,” *Powder Technol.*, vol. 361, pp. 610–616, 2019.
- [20] L. Wang, A. Lee, Y. Yuan, X. Wang, and T. Lu, “Preparation and FTIR , Raman and SEM characterizations of konjac glucomannan-KCl electrogels,” *Food Chem.*, vol. 331, no. August 2019, p. 127289, 2020.
- [21] K. Xu *et al.*, “Isolation of nanocrystalline cellulose from rice straw and preparation of its biocomposites with chitosan: Physicochemical characterization and evaluation of interfacial compatibility,” *Compos. Sci. Technol.*, 2017.
- [22] C.-S. Wu and H.-T. Liao, “Study on the preparation and characterization of biodegradable polylactide/multi-walled carbon nanotubes nanocomposites,” *Polymers (Basel)*, vol. 48, no. 15, pp. 4449–4458, 2007.