

Pengaruh Konsentrasi Kitosan terhadap Karakteristik Fisik dan Mekanik Bioplastik Selulosa Batang Pisang dengan *Plasticizer* Gliserol

Oktavia, Indah Puspita*, Tri Kusmita, Rizka Utami

Program Studi Fisika, Universitas Bangka Belitung

Jl. Kampus Peradaban, Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung Gd. Dharma Penelitian, Bangka 33172, Bangka Belitung, Indonesia

*E-mail korespondensi: indahpuspita@ubb.ac.id

Info Artikel:

Dikirim:

21 Mei 2024

Revisi:

3 Agustus 2025

Diterima:

1 Desember 2025

Kata Kunci:

bioplastik,
selulosa, batang
pisang, kitosan,
gliserol

Abstract

The development of bioplastics has continued to grow as an alternative material based on renewable natural resources. Cellulose is a natural polymer that is widely used as a raw material for bioplastics; however, cellulose-based bioplastics generally show limited mechanical stability and rigidity. Therefore, the addition of chitosan and glycerol is required to improve their characteristics. This study aims to determine the cellulose content and functional groups of banana stem cellulose and to analyze the effect of chitosan concentration on the thickness, mechanical properties, and degradation rate of banana stem cellulose-based bioplastics using glycerol as a plasticizer. Bioplastics were synthesized by varying the chitosan concentration at 1%, 2%, 3%, and 4%. The results showed that the cellulose content of banana stems reached 93%, with the presence of $-OH$, $-CH$, and $-CO$ functional groups. The variation in chitosan concentration affected the thickness, tensile strength, elongation at break, and degradation rate of the bioplastics. An increase in chitosan concentration resulted in a decrease in thickness and elongation, while tensile strength and degradation rate increased with higher chitosan content. These results indicate that chitosan concentration significantly influences the physical, mechanical, and degradation properties of banana stem cellulose-based bioplastics, demonstrating their potential as biodegradable materials.

PENDAHULUAN

Bioplastik merupakan plastik ramah lingkungan yang banyak dikembangkan saat ini untuk mengatasi permasalahan plastik konvensional akibat keterbatasan bahan baku dan sulit terdegradasi secara alami sehingga menyebabkan masalah lingkungan [1]. Bioplastik memiliki keunggulan seperti bahan baku melimpah, dapat diperbaharui, dan mudah terdegradasi [2]. Selain itu, bioplastik dapat meningkatkan kualitas tanah dan unsur hara pada tanah dan jika dilakukan pembakaran tidak menghasilkan senyawa kimia yang dapat mengganggu kesehatan [3]. Salah satu bahan alam yang dapat digunakan dalam pembuatan bioplastik adalah selulosa. Selulosa adalah salah satu polisakarida yang banyak ditemukan di alam dan memiliki kadar serat yang tinggi [4]. Selulosa banyak ditemukan pada tanaman pisang. Tanaman pisang yang telah

panen akan menghasilkan limbah berupa batang pisang yang belum dimanfaatkan. Batang pisang memiliki kandungan selulosa mencapai 55,6% sehingga dapat dijadikan sebagai bahan baku bioplastik [5].

Bioplastik berbahan selulosa tunggal memiliki sifat mekanik yang kurang stabil dan bersifat kaku, sehingga diperlukan bahan tambahan seperti kitosan dan gliserol [6]. Penambahan kitosan dapat meningkatkan nilai kuat tarik pada bioplastik [7]. Kitosan dapat berinteraksi dengan rantai selulosa membentuk ikatan hidrogen yang kuat. Ikatan hidrogen yang dihasilkan dari interaksi ini dapat meningkatkan nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan [8]. Sementara itu, penambahan gliserol diperlukan sebagai bahan pemlastis yang berfungsi meningkatkan elastisitas bioplastik yang dihasilkan [9]. Salah satu pemlastis yang banyak digunakan pada pembuatan bioplastik adalah gliserol. Penambahan gliserol dapat meningkatkan kemuluran dibandingkan pemlastis sorbitol dikarenakan mobilitas dari gliserol lebih tinggi daripada sorbitol [10]. Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini perlu dilakukan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi kitosan terhadap sifat mekanik dan laju degradasi bioplastik sekaligus mendapatkan konsentrasi optimum dalam pembuatan bioplastik.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya limbah batang pisang, kitosan, gliserol, NaOH 12%, H₂O₂ 30%, asam asetat glasial 2%, asam sulfat, aquades, dan tanah. Adapun alat yang diperlukan dalam penelitian terdiri dari timbangan digital, blender, pipet tetes, gelas ukur, gelas beaker, magnetic stirrer, kertas saring, corong kaca, mikrometer sekrup, cetakan sampel, ayakan 200 mesh, ayakan 60 mesh, oven, Spektrofotometer FTIR, wadah sampel, alat refluks, termometer, dan instrumen pengujian kuat tarik universal.

Preparasi Selulosa

Batang pisang yang digunakan pada penelitian ini dipersiapkan melalui pencucian, pengeringan dan penghalusan dengan ukuran 60 mesh. Serbuk batang pisang selanjutnya dilakukan delignifikasi menggunakan larutan NaOH 12% selama 2 jam pada suhu 100 °C. Serbuk hasil delignifikasi kemudian mengalami proses *bleaching* menggunakan larutan H₂O₂ 30% selama 2 jam dengan suhu 100 °C.

Sintesis Bioplastik

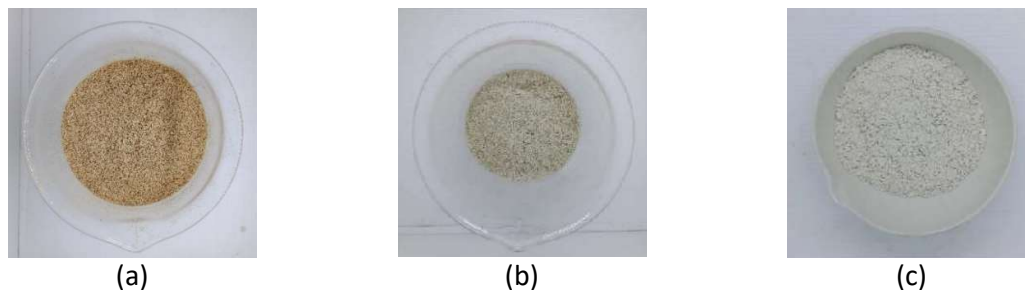
Sintesis bioplastik diawali dengan pembuatan larutan kitosan. Kitosan dengan massa 1, 2, 3, dan 4 g dilarutkan dalam 100 ml larutan asam asetat glasial 2% . Selanjutnya dilakukan pelarutan serbuk selulosa ke dalam aquades menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 600 rpm pada suhu 75 °C. Tahapan selanjutnya dalam sintesis bioplastik adalah pencampuran larutan kitosan ke dalam larutan selulosa selama 15 menit pada suhu 85°C dengan kecepatan 600 rpm hingga homogen dan dilanjutkan dengan penambahan gliserol dan pengadukan hingga terbentuk gel. Selanjutnya dilakukan pengeringan pada suhu 40°C. Bioplastik yang telah dikeringkan, selanjutnya didiamkan pada suhu kamar selama 24 jam dan dilepaskan dari cetakan. Bioplastik yang dihasilkan kemudian dilakukan pengujian untuk menentukan karakteristiknya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi Selulosa Batang Pisang

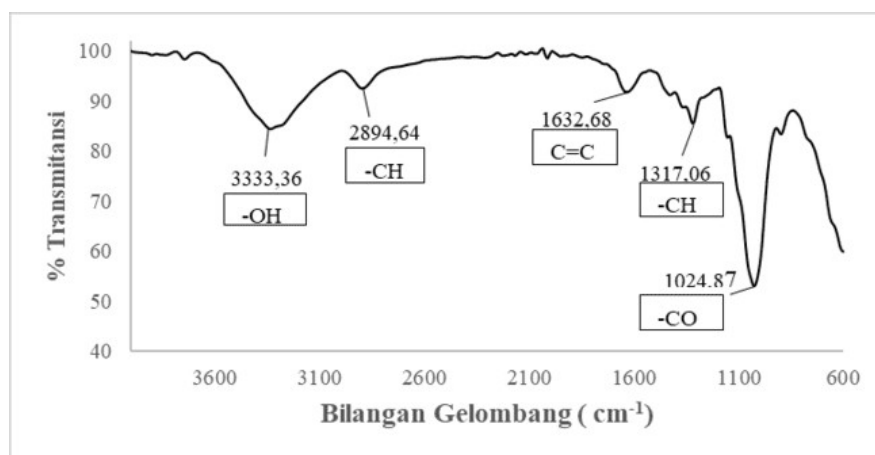
Selulosa di ekstraksi dari batang pisang kepek menggunakan metode delignifikasi menggunakan larutan NaOH 12%. Gambar 1 (a) menunjukkan serbuk batang pisang sebelum dilakukan tahapan preparasi. Terlihat bahwa serbuk batang pisang murni memiliki warna

kecoklatan yang menandakan kadar lignin yang masing sangat tinggi. Selanjutnya, Gambar 1 (b) menunjukkan penampakan fisik serbuk batang pisang setelah dilakukan delignifikasi. Hasil yang didapatkan dari proses delignifikasi berupa serbuk selulosa berwarna putih kecoklatan dan memiliki warna lebih cerah dibandingkan sebelum perlakuan. Warna serbuk selulosa yang lebih cerah menunjukkan kandungan lignin setelah dilakukan delignifikasi berkurang [11]. Proses delignifikasi kemudian dilanjutkan dengan proses *bleaching*. Proses *bleaching* dilakukan menggunakan oksidator H_2O_2 30% dan didapatkan serbuk halus selulosa berwarna putih yang ditunjukkan oleh Gambar 1 (c). Proses *bleaching* menghilangkan sisa – sisa lignin yang masih terkandung dalam serbuk selulosa setelah proses delignifikasi, sehingga warna serbuk menjadi lebih cerah.



Gambar 1. (a) Serbuk Batang Pisang (b) Selulosa Hasil Delignifikasi (c) Selulosa Hasil Bleaching

Selain tampilan fisik, Selulosa hasil ekstraksi juga dianalisa kandungan selulosa menggunakan metode chesson. Hasil analisa menggunakan metode Chesson menunjukkan kandungan selulosa batang pisang kepok adalah 93%. Kandungan selulosa berdasarkan hasil ini telah memenuhi standar kualitas selulosa untuk pembuatan bioplastik, yaitu $> 40\%$ [12]. Kandungan selulosa hasil ekstraksi lebih tinggi dibandingkan kandungan selulosa penelitian sebelumnya dari pisang kepok berkisar $55,6\%$ [5]. Selain analisis kuantitatif, pengujian Fourier Transfrom Infra-Red (FTIR) digunakan sebagai data kualitatif untuk memastikan kandungan selulosa yang didapatkan dari pengujian menggunakan metode Chesson. Hasil spektra FTIR selulosa yang dihasilkan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2



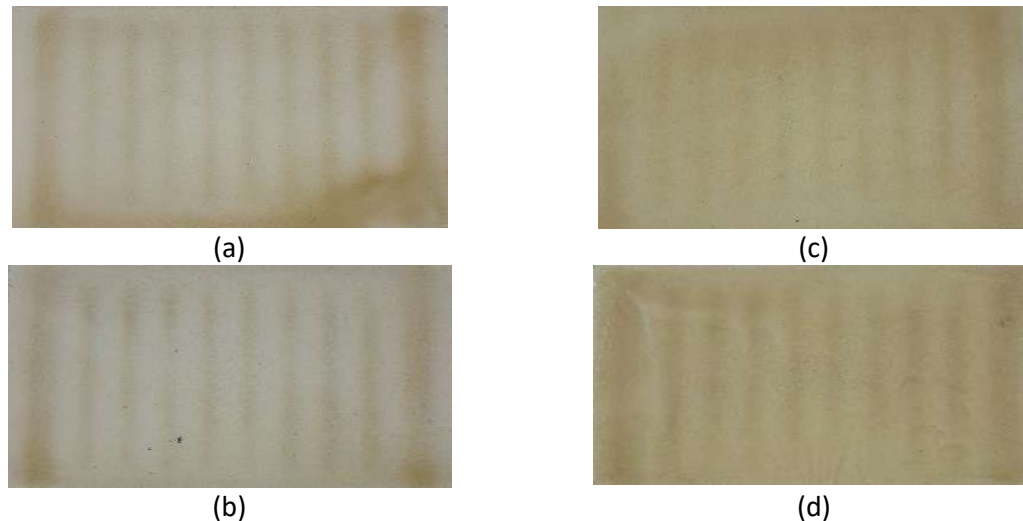
Gambar 2. Spektra FTIR Selulosa Batang Pisang

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa terdapat gugus hidroksil (-OH) pada daerah serapan $3333,36\text{ cm}^{-1}$ dengan vibrasi ulur. Selain itu, terdapat gugus fungsi -CH ulur pada senyawa alkana yang terletak di sebelah kanan -OH dengan bilangan gelombang $2894,64\text{ cm}^{-1}$. Pada bilangan gelombang $1632,68\text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus C=C yang menandakan masih terdapat

lignin dalam selulosa batang pisang kepok. Bilangan gelombang $1317,06\text{ cm}^{-1}$ merupakan gugus -CH dengan vibrasi tekuk. Terlihat juga gugus fungsi -CO ulur pada daerah serapan $1024,87\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan penghubung rantai karbon dengan selulosa (ikatan glikosidik).

Sintesis Bioplastik

Sintesis bioplastik dilakukan setelah kandungan dan gugus fungsi selulosa sesuai dengan standar selulosa untuk pembuatan bioplastik. Sintesis bioplastik dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi kitosan. Adapun konsentrasi kitosan yang digunakan pada penelitian ini yaitu 1%, 2%, 3% dan 4%. Tampilan fisik bioplastik dengan variasi konsentrasi kitosan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampak Fisik Bioplastik Kitosan (a) 1%, (b) 2%, (c) 3% dan (d) 4%

Gambar 3 memperlihatkan adanya perbedaan karakteristik fisik bioplastik, khususnya pada aspek warna dan tekstur permukaan, akibat variasi konsentrasi kitosan. Bioplastik dengan konsentrasi kitosan 1% memiliki warna putih kecoklatan dengan tekstur permukaan bagian atas yang relatif kasar. Pada konsentrasi kitosan 2%, bioplastik masih menunjukkan warna putih kecoklatan, namun tampak sedikit lebih gelap dibandingkan konsentrasi 1%. Selanjutnya, bioplastik dengan konsentrasi kitosan 3% dan 4% menunjukkan warna coklat kekuningan, dengan intensitas warna yang lebih pekat pada konsentrasi 4%. Perubahan warna ini mengindikasikan pengaruh peningkatan konsentrasi kitosan terhadap intensitas warna bioplastik, di mana semakin tinggi konsentrasi kitosan yang ditambahkan, warna bioplastik cenderung semakin gelap [13]. Fenomena ini diduga terjadi karena gugus hidroksil pada kitosan mampu membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil dari zat pewarna, sehingga meningkatkan penyerapan warna dan menghasilkan warna yang lebih pekat [14]. Selain perubahan warna, peningkatan konsentrasi kitosan juga memengaruhi tekstur permukaan bioplastik. Bioplastik dengan konsentrasi kitosan 3% dan 4% memiliki tekstur permukaan yang relatif lebih halus dibandingkan bioplastik dengan konsentrasi kitosan 1% dan 2%.

Karakterisasi Bioplastik

Bioplastik yang sudah kering akan dilakukan uji ketebalan, kuat tarik, elongasi, dan degradasi. Nilai ketebalan, kuat tarik, elongasi, dan modulus elastisitas bioplastik dapat dilihat oleh Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Ketebalan, Kuat Tarik, Elongasi, dan Modulus Elastisitas Bioplastik

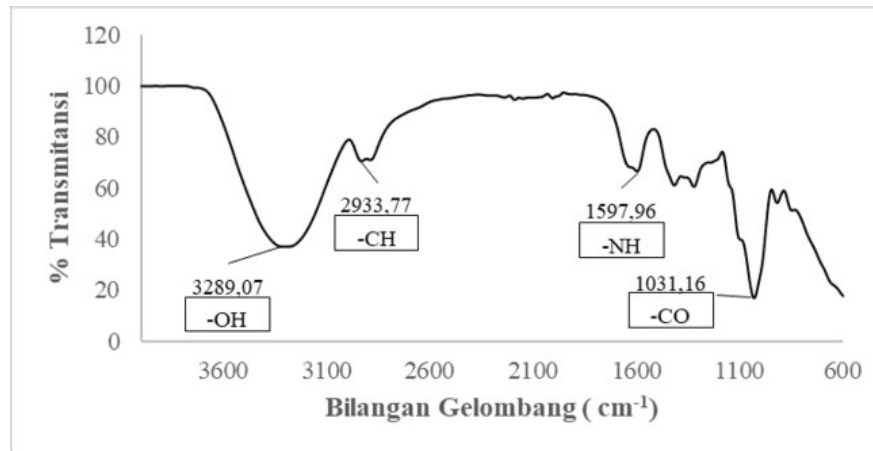
Konsentrasi Kitosan	Ketebalan (mm)	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
1%	0,712	0,087	2,40	3,43
2%	0,572	0,218	1,10	26,80
3%	0,488	0,281	0,49	59,20
4%	0,478	0,820	5,30	35,80

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat nilai ketebalan menurun seiring dengan penambahan konsentrasi kitosan. Hal ini terjadi karena proses sintesis bioplastik kitosan dengan komponen lainnya tidak terdispersi dengan baik. Akibatnya, larutan bioplastik menjadi tidak homogen dan jarak antar molekulnya tidak teratur [15]. Salah satu faktor yang mempengaruhi ketebalan yaitu jumlah padatan yang terlarut [16]. Semakin tinggi konsentrasi kitosan, maka semakin sulit kitosan untuk larut sempurna. Kitosan yang tidak larut sempurna akan mengurangi jumlah padatan terlarut sehingga ketebalan yang didapatkan semakin kecil. Ketebalan bioplastik yang didapatkan pada penelitian ini lebih besar dibandingkan nilai ketebalan bioplastik penelitian sebelumnya sebesar 0,31 mm [17].

Bertambahnya konsentrasi kitosan dapat meningkatkan nilai kuat tarik yang dihasilkan. Hal ini diakibatkan konsentrasi kitosan yang semakin tinggi akan meningkatkan ikatan hidrogen dalam bioplastik sehingga ikatan kimianya lebih kuat dan sulit untuk terputus [13]. Selain itu, terjadi kenaikan nilai kuat tarik yang signifikan pada konsentrasi kitosan 4%. Hal ini disebabkan tingginya konsentrasi kitosan yang ditambahkan, mengakibatkan kitosan sulit untuk larut, sehingga terdapat gumpalan partikel kitosan. Gumpalan partikel kitosan ini yang membuat larutan kitosan tidak terdispersi secara merata [18].

Penambahan konsentrasi kitosan mengindikasikan terjadinya penurunan jarak antar molekul. Penurunan jarak tersebut disebabkan ikatan hidrogen yang terbentuk semakin rapat dalam bioplastik sehingga nilai elongasi yang didapatkan kecil [19] [20]. Nilai elongasi naik kemungkinan disebabkan oleh ikatan hidrogen antara kitosan dan selulosa berkurang dan digantikan oleh interaksi hidrogen antara kitosan dan gliserol [21]. Selain itu, semakin tinggi konsentrasi kitosan yang ditambahkan, maka kitosan akan sulit dilarutkan, akibatnya terdapat penggumpalan partikel kitosan yang membuat larutan kitosan tidak terdispersi secara merata [18].

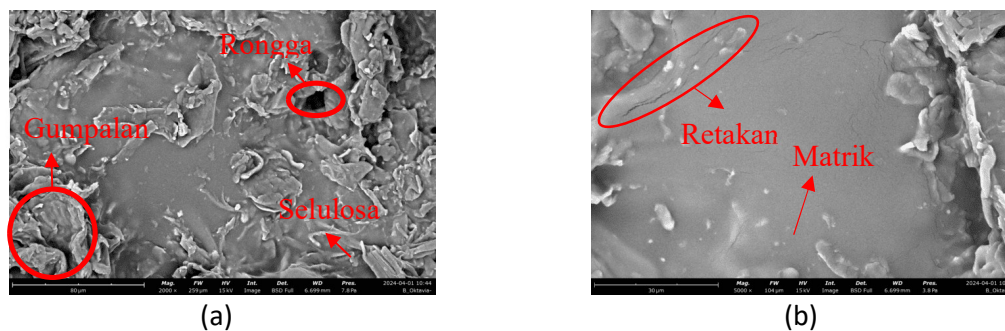
Peningkatan konsentrasi kitosan menyebabkan banyaknya ikatan hidrogen yang membuat struktur bioplastik menjadi padat sehingga bioplastik yang dihasilkan kaku [22]. Bioplastik konsentrasi kitosan 4% terjadi penurunan nilai modulus elastisitas. Hal ini disebabkan ikatan hidrogen antara kitosan dan selulosa berkurang dan digantikan oleh interaksi hidrogen antara kitosan dan gliserol sehingga bioplastik konsentrasi kitosan 4% lebih elastis dibandingkan bioplastik konsentrasi 3% [21]. Setelah dilakukannya pengujian sifat mekanik, selanjutnya dilakukan analisis FTIR dari bioplastik dengan kuat tarik terbaik yaitu pada konsentrasi 4%. Hasil spektra FTIR bioplastik dapat dilihat oleh Gambar 4.



Gambar 4. Spektra FTIR Bioplastik Selulosa-Kitosan 4%- Gliserol

Berdasarkan hasil spektra FTIR bioplastik konsentrasi kitosan 4% terdapat daerah serapan adanya gugus fungsi -OH, -CH, -NH, dan -CO. Gugus fungsi -OH, -CH, dan -CO merupakan gugus fungsi penyusun dari selulosa [23]. Gugus fungsi -NH merupakan serapan khas dari kitosan [24]. Sedangkan adanya daerah serapan -OH dan -CH ulur menandakan adanya gliserol [25]. Hal ini mengindikasikan bahwa bioplastik hasil sintesis mengandung selulosa, kitosan, dan gliserol. Hasil tersebut menunjukkan tidak terdapat gugus fungsi baru yang dihasilkan dari proses sintesis bioplastik, sehingga bioplastik yang dihasilkan masih memiliki sifat-sifat seperti komponen penyusunnya yaitu mudah terdegradasi [26].

Pengujian SEM juga dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan bioplastik yang dihasilkan. Bioplastik yang diuji SEM adalah bioplastik dengan nilai kuat tarik terbaik. Adapun morfologi permukaan bioplastik ditunjukkan oleh Gambar 5.

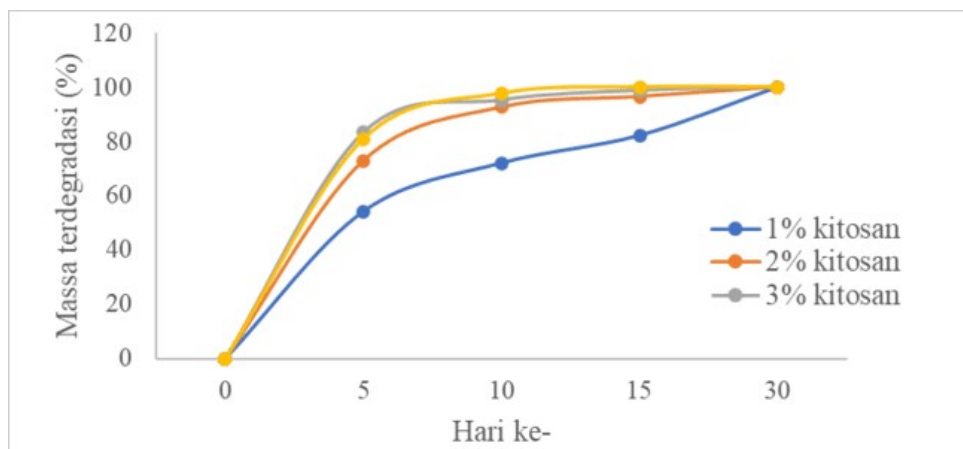


Gambar 5. Morfologi Permukaan Bioplastik Selulosa-Kitosan 4%-Gliserol dengan (a) Perbesaran 2000 kali (b) Perbesaran 5000 kali

Berdasarkan Gambar 5 (a) dengan perbesaran 2000 kali terlihat adanya gumpalan pada permukaan bioplastik yang menandakan hasil sintesis dari bioplastik belum tercampur merata atau kurang homogen. Selain itu, morfologi permukaan bioplastik hasil penelitian terdapat rongga. Rongga tersebut menunjukkan adanya gelembung udara pada proses bioplastik [27]. Gelembung udara diakibatkan proses sintesis bioplastik tersuspensi. Bioplastik yang tersuspensi disebabkan waktu dan suhu saat pengadukan maupun pengeringan yang kurang sesuai [28]. Gambar 5 (b) dengan perbesaran 5000 kali menunjukkan terdapat retakan. Retakan tersebut diakibatkan karena pengadukan yang tidak stabil sehingga pencampuran kurang homogen.

Pengujian degradasi bertujuan untuk memastikan bioplastik yang dihasilkan bersifat ramah lingkungan dengan mengetahui lamanya waktu bioplastik terdegradasi secara sempurna. Pengujian ini dilakukan dengan mengubur sampel ke dalam tanah selama 30 hari untuk

mengetahui pengurangan massa yang terjadi setelah dilakukan penguburan. Persentase massa bioplastik terdegradasi dengan variasi kitosan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Persentase Massa Bioplastik Terdegradasi dengan Variasi Kitosan

Berdasarkan Gambar 6, massa bioplastik terdegradasi dengan variasi konsentrasi kitosan selama 15 hari secara berturut yaitu 82,19%, 96,51%, 98,77% dan 100%. Bioplastik dengan penambahan konsentrasi kitosan 4% terdegradasi sempurna pada hari ke-15. Bioplastik penambahan kitosan 1%, 2% dan 3% mengalami degradasi secara sempurna pada hari ke-30. Semakin banyak penambahan kitosan dapat mempercepat degradasi dari bioplastik yang dihasilkan. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian [29] dan [30] yang menyatakan bahwa proses degradasi semakin cepat seiring dengan penambahan kitosan. Hal ini dikarenakan kitosan memiliki sifat tidak beracun dan mudah terdegradasi [29].

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kandungan selulosa batang pisang kepok dengan metode chesson sebesar 93% dan terdapat gugus fungsi -OH, -CH dan -CO pada daerah serapan $3333,36\text{ cm}^{-1}$, $2894,64\text{ cm}^{-1}$, dan $1024,87\text{ cm}^{-1}$ yang menandakan ekstrak yang dihasilkan mengandung selulosa. Adanya penambahan konsentrasi kitosan pada bioplastik mempengaruhi ketebalan, kuat tarik, elongasi dan laju degradasi. Ketebalan dan elongasi akan menurun seiring dengan penambahan konsentrasi kitosan. Sedangkan kuat tarik dan laju degradasi akan meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi kitosan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. C. Muliawati, A. Pupu, S. E. Nurkaswoto, Y. Kusferianto, M. A. Soeharja, H. R. Juniawan and A. F. Amsalino, "Literature Review Peran Plasticizer dalam Meningkatkan Kinerja Bioplastik Berbasis Kitosan," *Jurnal Tecnoscienza*, vol. 9, no. 2, pp. 329-344, 2025.
- [2] Y. E. Agustin and K. Padmawijya, "Sintesis Bioplastik dari Kitosan-Pati Kulit Pisang Kepok dengan Penambahan Zat Aditif," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 10, no. 2, pp. 40-48, 2016.
- [3] A. Tanjung and S. Munte, *Pembuatan Komposit Bioplastik dari Pati Sagu Kombinasi Polietilen*, Medan: LEMKOMINDO, 2023.
- [4] Cengristitama and I. V. D.N, "Pemanfaatan Limbah Sekam Padi dan Minyak Jelantah untuk Pembuatan Bioplastik," *TEDC*, vol. 14, no. 1, pp. 15-23, 2020.

- [5] A. T. D. Pine, N. B. Base and J. B. Angelina, "Produksi dan Karakterisasi Serbuk Selulosa dari Batang Pisang (*Musa paradisiaca* L.)," *Jurnal Kesehatan Yamasi Makassar*, vol. 5, no. 2, pp. 115-120, 2021.
- [6] Mashuni, L. Apriani, L. O. Ahmad, M. Jahiding and F. H. Hamid, "Pembuatan Bioplastik Berbasis Kitosan dan Selulosa dari Limbah Tongkol Jagung (*Zea Mays* L.) dengan Bantuan Microwave sebagai Kemasan Makanan Antimikroba," in *Prosiding Seminar Nasional MIPA 2021*, Kendari, 2021.
- [7] P. Hidayat, Syaubari and R. Salima, "Pemanfaatan Pati Tapioka dan Kitosan dalam Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Penambahan Gliserol sebagai Plasticizer," *Jurnal Litbang industri*, vol. 10, no. 1, pp. 33-38, 2020.
- [8] R. Pratiwi, D. Rahayu and M. Barlina, "Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Bahan Bioplastik," *IJPSI*, vol. 3, no. 3, pp. 83-91, 2016.
- [9] D. A. Permata, Y. M. Putri and S. D. Ismanto, "Variasi penambahan gliserol pada pembuatan bioplastik limbah cair tahu," *J. Teknol. Pertan. Andalas*, vol. 28, no. 1, pp. 46-53, 2024.
- [10] L. Nuriyah, G. Saroja, M. Ghufro, A. Razanata and N. F. Rosid, "Karakteristik Kuat Tarik dan Elongasi Bioplastik Berbahan Pati Ubi Jalar Cilemb dengan Variasi Jenis Pemlastis," *Natural B*, vol. 4, no. 4, pp. 177-182, 2018.
- [11] I. Dewi, A. Ihwah, H. Setyawan, A. Kurniasari and A. Ulfah, "Optimasi proses delignifikasi pelepah pisang untuk bahan baku pembuatan kertas seni," *Sebatik*, vol. 23, no. 2, pp. 447-454, 2019.
- [12] A. Rahmayanti, M. Yerizam and E. Dewi, "Pemanfaatan Ampas Tebu dan Kulit Jagung sebagai Bahan Baku Pulp dengan Proses Organosolv," *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, vol. 3, no. 4, pp. 349-354, 2022.
- [13] O. B. Shavira and A. M. Fuandi, "Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol dan Kitosan terhadap Kulit Plastik Biodegradable dari Pati Ampas Aren (*Arenga pinnata*)," *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, vol. 8, no. 1, pp. 1-7, 2021.
- [14] N. A. Fitri, Hasri and Sudding, "Pengaruh Konsentrasi Kitosan Terhadap Stabilitas Warna Biji Kesumba pada Kain Katun," *Analytical and Environmental Chemistry*, vol. 7, no. 1, pp. 1-8, 2022.
- [15] R. T. Yuniastuti, "Sintesis Bioplastik dengan Pati Alpukat, Selulosa Sabut Kelapa, Sorbitol dan CMC serta Penambahan Kitosan," Skripsi Teknik Grafik dan Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta, 2021.
- [16] L. Yuniarti, G. S. Hutomo and A. Rahim, "Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu (*Metroxylon* sp)," *Agrotekbis*, vol. 2, no. 1, pp. 38-46, 2014.
- [17] Cengristitama and G. A. Wulandari, "Variasi Penambahan Kitosan dalam Pembuatan Bioplastik dari Limbah Sekam Padi dan Minyak Jelantah," *TEDC*, vol. 15, no. 1, pp. 8-14, 2021.
- [18] A. Diyahratnasari, "Pengaruh Konsentrasi Kitosaan dan Asam Asetat Terhadap Kinerja Membran Kitosan dalam Penjernihan Nira Tebu (*Saccharum officinarum* L.) dengan Sistem Aliran Dead-End," Skripsi, FTP Universitas Brawijaya, Malang, 2018.
- [19] N. Ayu, E. Jumiaty and M. Husnah, "Analisis Uji Mekanik Bioplastik Berbahan Pati Tepung Sagu-Kitosan dan Sorbitol," *JoP*, vol. 8, no. 3, pp. 47-50, 2023.
- [20] Muhammad, R. Ridara and Masrullita, "Sintesis Bioplastik dari Pati Biji Alpukat dengan Bahan Pengisi Kitosan," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 9, no. 2, pp. 1-11, 2020.

- [21] N. Nahir, "Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Biji Asam (*Tamarindus indica* L.)," FST UIN Alauddin, Makassar, 2017.
- [22] C. A. Rosally, W. Sari and T. Mahargiani, "Sintesis dan Karakteristik Bioplastik dari Tepung Sorghum - Tepung Kanji dengan Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol," Yogyakarta, 14 - 15 Juli, 2020.
- [23] N. R. Nurjannah, T. Sudiati and L. Rahmidar, "Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Termetilasi Sebagai Biokomposit Hidrogel," *al-Kimiya*, vol. 7, no. 1, pp. 19-27, 2020.
- [24] Sulistiyana, B. A. Riyandari and N. Nurkamariati, "Sintesis dan Karakterisasi Film Pengemas Aktif dari Kombinasi Kitosan-Alginat dan Asam Sitrat," *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, vol. 20, no. 1, pp. 120-129, 2024.
- [25] M. A. Rojtica, "Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Selulosa Asetat Limbah Tebu-Kitosan-Gliserol," Skripsi, FST UIN Walisongo, Semarang, 2021.
- [26] K. Hayati, C. C. Setyaningrum and S. Fatimah, "Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Limbah Nata de Coco dengan Metode Inversi Fasa," *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, vol. 4, no. 1, pp. 9-14, 2020.
- [27] Hasri, M. Syahrir and D. E. Pratiwi, "Synthesis and Characterization of Bioplastics Made From Chitosan Combined Using Glycerol Plasticizer," *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, vol. 7, no. 2, pp. 110-119, 2021.
- [28] K. Udyani, K. Rinto and Y. Handarni, "Pengolahan Limbah Penggilingan Padi Menjadi Bioplastik Menggunakan Plasticizer Sorbitol," *Journal of Industrial Process and Chemical Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 18-24, 2021.
- [29] D. Nurlita, W. Hersoelistyorini and M. Yusuf, "Karakteristik Plastik Biodegradable Berbasis Onggok dan Kitosan dengan Plasticizer Gliserol," *Jurnal Pangan dan Gizi*, vol. 7, no. 2, pp. 1-12, 2017.
- [30] K. I. Agung and N. Hidayati, "Pembuatan Bioplastik dari Pati Onggok dan Kitosan : Efek Massa Kitosan," Semarang, 2021.
- [31] P. W. Sena, G. P. G. Putra and L. Suhendra, "Karakterisasi Selulosa dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L) pada Berbagai Konsentrasi Hidrogen Perioksida dan Suhu Proses Bleaching," *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, vol. 9, no. 3, pp. 288-299, 2021.
- [32] M. N. Alam, N. Kumalasari and I. Illing, "Pengaruh Komposisi Kitosan Terhadap Sifat Biodegradasi dan Water Uptake Bioplastik dari Serbuk Tongkol Jagung," *Al-Kimia*, vol. 6, no. 1, pp. 24-33, 2018.
- [33] O. R. J. Qadri, F. H. Hamzah and D. F. Ayu, "Variasi Konsentrasi Kitosan dalam Pembuatan Bioplastik Berbahan Baku Jerami," *Agrointek Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 17, no. 1, pp. 106-113, 2023.