



Rekayasa Film Bioplastik Selulosa-Kitosan Berbasis Limbah Batang Pisang: Peran Gliserol dalam Optimalisasi Karakteristik Material

Diani Lestari, Indah Puspita^{*)}, Tri Kusmita

Jurusan Fisika, Universitas Bangka Belitung

Jl. Kampus Peradaban, Kampus Terpadu Balunijuk Gd. Dharma Penelitian Lt. 1, Bangka 33172, Bangka Belitung, Indonesia

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

Info Artikel:

Dikirim:
[20 Mei 2024](#)
Revisi:
[15 Juli 2025](#)
Diterima:
[27 Juli 2025](#)

Abstract

The usage of plastics has brought negative impacts to the environment. Therefore, the development of bioplastics is required to solve the impact of the usage of plastics on the environment. In this study, bioplastics were developed based on banana stem cellulose, chitosan, and glycerol. The objective of this study was to determine the content of banana stems cellulose, functional groups, and the effect of glycerol addition on the thickness, mechanical properties, and degradation rate of bioplastics. The research was started by extracting cellulose from the stem of banana. Bioplastic synthesis was performed by adjusting the addition of glycerol. The bioplastics were examined for thickness, mechanical properties, functional groups, morphology, and degradation. The results indicated that the extracted banana stems produced cellulose with a concentration of 93%. It was identified to have cellulose functional groups in the form of O-H, C-H, and C-O. However, the addition of glycerol to bioplastics increased the thickness, elongation, and degradation rate, but decreased the tensile strength. Bioplastics with the best characteristics were produced by applying 3 mL glycerol with a thickness of 0,578 mm, tensile strength of 0,149 MPa, elongation of 2,7%, and completely degraded for 10 days.

Kata Kunci:

Bioplastik,
Selulosa Batang
Pisang, Gliserol,
Kitosan

PENDAHULUAN

Plastik merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan sebagai kemasan pangan dan barang dalam kehidupan sehari-hari [1]. Penggunaan plastik telah membawa dampak negatif terhadap lingkungan karena masalah bahan baku dan sampahnya [2]. Minyak bumi sebagai bahan baku dalam pembuatan plastik konvensional merupakan sumber daya alam yang terbatas dan tidak dapat diperbaharui. Selain itu, plastik konvensional sulit terdegradasi secara alami dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan menghasilkan senyawa dioksin yang berbahaya bagi kesehatan ketika dibakar [3].

Salah satu pendekatan menarik untuk mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan akibat plastik yaitu dengan mengembangkan bahan baku plastik baru yang memiliki sifat dapat terdegradasi secara alami yang dikenal sebagai bioplastik [4]. Bioplastik merupakan plastik *biodegradable* yang umumnya dibuat dari bahan polimer alami seperti selulosa, pati, kitosan dan lain sebagainya. Penggunaan selulosa dalam pembuatan bioplastik memiliki keunggulan pada ketersediaannya yang melimpah dan dapat terdegradasi secara alami [5]. Selulosa dapat

bersumber dari limbah tanaman pangan seperti batang pisang. Batang pisang merupakan bahan biomassa dengan kandungan selulosa mencapai 55,6% sehingga memungkinkan untuk berbagai pengaplikasian seperti dalam pembuatan bioplastik [6].

Bioplastik yang terbuat dari selulosa masih kurang kuat secara mekanik sehingga perlu ditambahkan polimer lain seperti kitosan [7]. Kitosan memiliki kemampuan untuk meningkatkan kuat tarik dari bioplastik [8]. Meskipun demikian, bioplastik yang terbuat dari polimer alami seperti selulosa dan kitosan memiliki tingkat elastisitas yang kurang baik dan bersifat rapuh. Oleh sebab itu, diperlukan pemlastis untuk meningkatkan elastisitas dari bioplastik [9]. Gliserol merupakan jenis pemlastis yang dapat digunakan untuk membuat bioplastik karena mampu meningkatkan elastisitas dan laju degradasi seiring dengan penambahan gliserol [10] [11].

Bioplastik berbasis selulosa batang pisang/kitosan dengan pemlastis gliserol diharapkan mampu meningkatkan sifat mekanik bioplastik serta mengurangi pencemaran lingkungan dengan degradasinya yang cepat. Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, maka dalam penelitian ini dilakukan pengembangan bioplastik berbasis selulosa batang pisang/kitosan dengan variasi penambahan gliserol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan selulosa batang pisang, gugus fungsi, serta pengaruh penambahan gliserol terhadap ketebalan, sifat mekanik, dan laju degradasi dari bioplastik.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya neraca digital, gelas beaker, gelas ukur, *magnetic stirrer*, kertas saring Whatman No. 1, oven, mikrometer sekrup, *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Universal Testing Machine* (UTM), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya batang pisang kepok, akuades, NaOH, H₂O₂, kitosan, gliserol, CH₃COOH 2%, dan H₂SO₄.

Prosedur Penelitian

Ekstraksi Selulosa Batang Pisang

Batang pisang yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari batang pisang kepok yang buahnya telah dipanen. Batang pisang yang diperoleh dicuci hingga bersih lalu dipotong kecil-kecil, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Batang pisang yang telah kering lalu dihaluskan hingga berukuran 60 mesh sehingga menghasilkan serbuk batang pisang. Ekstraksi selulosa batang pisang dilakukan dengan melarutkan 100 g serbuk batang pisang hasil preparasi. Ke dalam 1 liter larutan NaOH konsentrasi 12% pada suhu 100 °C selama 2 jam. Campuran selanjutnya dibilas menggunakan akuades hingga pH netral dan dikeringkan pada suhu 100 °C hingga kering. Residu yang telah dikeringkan diayak menggunakan saringan 60 mesh. Tahapan selanjutnya adalah *bleaching*. Tahapan ini diawali dengan melarutkan serbuk selulosa ke dalam larutan H₂O₂ 30% dengan rasio serbuk dan larutan H₂O₂ sebesar 1:20 untuk dipanaskan pada suhu 100 °C selama 2 jam. Campuran lalu disaring untuk mendapatkan residunya. Residu dicuci kembali hingga pH netral dan kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 100 °C. Residu kering berupa selulosa diblender dan diayak dengan ayakan 200 mesh. Selulosa yang dihasilkan selanjutnya dilakukan pengujian secara kuantitatif menggunakan metode *Chesson* dan secara kualitatif menggunakan FTIR.

Sintesis Bioplastik

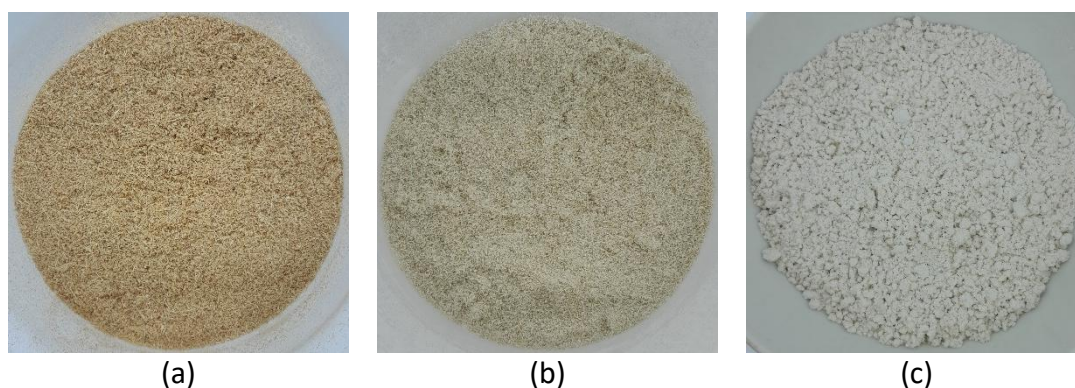
Sintesis bioplastik dimulai dengan melarutkan 2 g kitosan ke dalam larutan CH₃COOH 2% hingga volume mencapai 100 mL dengan kecepatan 500 rpm. Selanjutnya 6 g selulosa dicampurkan dengan akuades hingga mencapai volume 100 mL untuk kemudian dipanaskan pada suhu 75 °C dan kecepatan pengadukan 600 rpm selama 60 menit. Lalu, larutan kitosan yang telah dibuat sebelumnya dicampurkan ke dalam selulosa dan kembali dipanaskan pada suhu 85

°C dengan kecepatan pengadukan 600 rpm selama 15 menit. Kemudian, ditambahkan gliserol sebanyak 1 mL, 3 mL, 5 mL, dan 7 mL ke dalam campuran lalu dipanaskan kembali pada suhu 50 °C selama 15 menit dengan kecepatan pengadukan 600 rpm. Campuran kemudian dicetak di atas cetakan ukuran 15 × 25 cm dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 40 °C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi Selulosa Batang Pisang

Tampilan fisik serbuk batang pisang yang digunakan dalam ekstraksi berjenis batang pisang ditampilkan pada Gambar 1 (a). Serbuk batang pisang yang dihasilkan selanjutnya dilakukan proses delignifikasi untuk menghilangkan kandungan lignin pada serbuk batang pisang [12]. Selulosa yang dihasilkan dalam proses delignifikasi seperti pada Gambar 1 (b) masih berwarna kecoklatan sehingga perlu dilakukan proses *bleaching* untuk meningkatkan kemurnian selulosa dan menghasilkan selulosa yang berwarna putih [13]. Setelah dilakukan penetralan dan pengeringan didapati selulosa hasil *bleaching* berwarna putih yang kemudian diuji kandungan selulosanya secara kuantitatif dan kualitatif. Selulosa batang pisang hasil *bleaching* ditampilkan pada Gambar 1 (c).



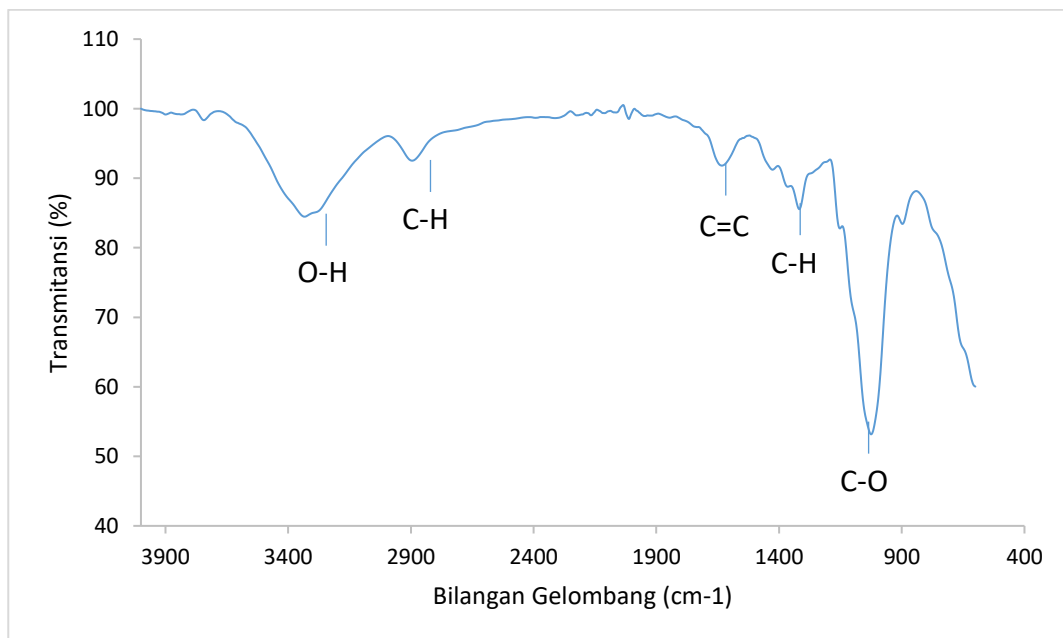
Gambar 1. (a) Serbuk batang pisang, (b) Selulosa batang pisang hasil delignifikasi, dan (c) Selulosa batang pisang hasil *bleaching*

Selulosa yang dihasilkan pada penelitian ini dilakukan pengujian kandungan selulosa secara kuantitatif menggunakan metode Chesson. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, selulosa batang pisang yang dihasilkan memiliki kandungan selulosa sebesar 93%. Hasil tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan selulosa hasil penelitian [6] untuk selulosa batang pisang kepok tanpa proses *bleaching* yaitu sebesar 55,6%. Analisis kandungan selulosa yang dihasilkan juga sudah memenuhi standar kandungan selulosa menurut SNI 7274:2008 yaitu > 40% [14]. Peningkatan persentase kandungan selulosa setelah proses *bleaching* disebabkan adanya degradasi lignin dan hemiselulosa sisa proses delignifikasi oleh H₂O₂. Selain itu, meningkatnya kandungan selulosa menghasilkan selulosa yang semakin putih [13].

Tabel 1. Perbandingan gugus fungsi selulosa batang pisang

Gugus Fungsi	Rentang Bilangan Gelombang (cm ⁻¹) [16]	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	
		Selulosa Batang Pisang yang Dihasilkan	Selulosa Standar [15]
O-H ulur	3750-3000	3333,36	3328,19
C-H ulur	3000-2700	2894,64	2886,04
C-H tekuk	1475-1300	1317,60	1322,80
C-O ulur	1200-900	1024,87	1021,72

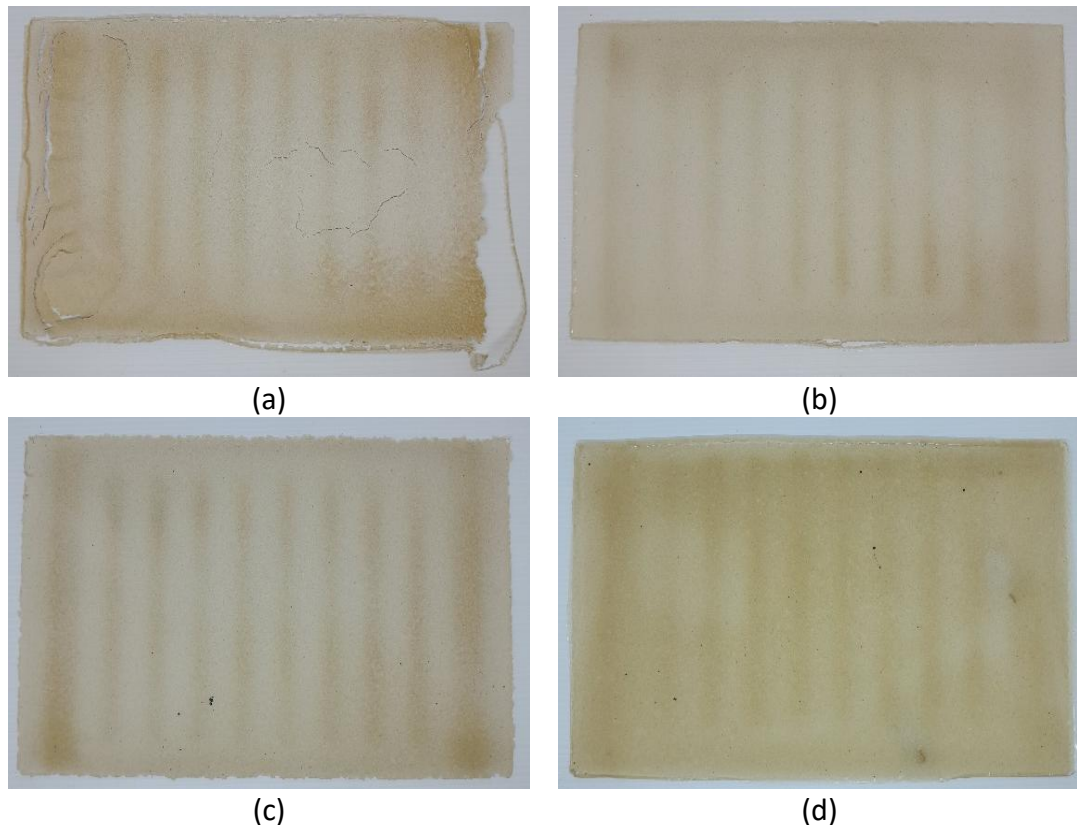
Selain dilakukan pengujian secara kuantitatif menggunakan metode Chesson, selulosa yang dihasilkan pada penelitian ini juga dilakukan pengujian secara kualitatif menggunakan instrumen *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus fungsinya. Gugus fungsi yang dihasilkan dari pengujian FTIR ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil uji FTIR pada Gambar 2 menunjukkan selulosa batang pisang hasil ekstraksi diidentifikasi memiliki gugus fungsi selulosa berupa O-H, C-H, dan C-O [5]. Gugus fungsi O-H ulur teridentifikasi pada bilangan gelombang 3333,36 cm^{-1} . Gugus fungsi C-H ulur serta C-H tekuk teridentifikasi pada bilangan gelombang 2894,64 cm^{-1} dan 1317,60 cm^{-1} . Adapun untuk gugus fungsi C-O ulur teridentifikasi pada bilangan gelombang 1024,87 cm^{-1} . Selain itu, adanya gugus fungsi lain berupa C=C ulur yang teridentifikasi pada panjang gelombang 1632,68 cm^{-1} menandakan selulosa hasil ekstraksi masih memiliki senyawa lain yaitu lignin [15]. Hasil analisis spektrum selulosa batang pisang menunjukkan adanya kemiripan gugus fungsi dengan selulosa standar [15]. Bilangan gelombang pada selulosa batang pisang yang dihasilkan dengan selulosa standar memiliki sedikit perbedaan namun masih berada pada rentang bilangan gelombang yang sama untuk masing-masing gugus fungsi. Tabel 1 menunjukkan perbandingan gugus fungsi selulosa batang pisang yang dihasilkan dengan selulosa standar.



Gambar 2. Spektrum inframerah selulosa batang pisang

Tampilan Fisik Bioplastik

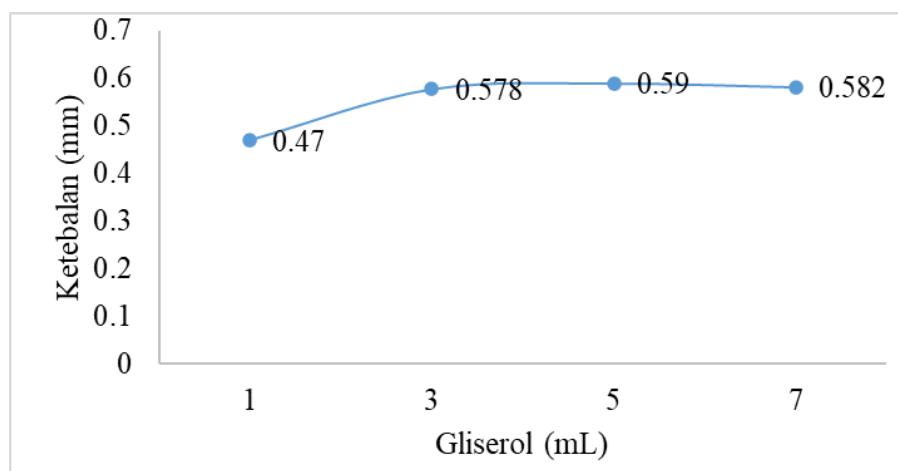
Tampilan fisik Bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 3. Hasil penelitian pada Gambar 3 menunjukkan bahwa penambahan gliserol berpengaruh pada tampilan fisik dari bioplastik. Penambahan 1 mL gliserol menghasilkan bioplastik yang cenderung rapuh dan pecah. Disisi lain seiring dengan peningkatan penambahan gliserol, bioplastik yang dihasilkan lebih halus dan tidak pecah. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian [17] yang menyatakan bahwa penambahan gliserol dapat meningkatkan elastisitas sehingga bioplastik tidak mudah rapuh dan pecah.



Gambar 3. Tampilan fisik bioplastik dengan variasi penambahan gliserol (a) 1 mL, (b) 3 mL, (c) 5 mL, dan (d) 7 mL

Ketebalan Bioplastik

Pengujian ketebalan dilakukan dengan mengukur ketebalan bioplastik pada lima titik yang berbeda menggunakan mikrometer sekrup dan kemudian dihitung rata-ratanya. Distribusi ketebalan bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini dengan variasi penambahan gliserol dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik penambahan gliserol terhadap ketebalan bioplastik

Berdasarkan Gambar 4, penambahan gliserol sebagai pemlastis dapat meningkatkan ketebalan dari bioplastik. Hal ini berkaitan dengan sifat gliserol yang mudah larut dalam air dan dapat meningkatkan viskositas dari larutan sehingga total padatan meningkat [18]. Penambahan gliserol 1 mL, 3 mL, 5 mL, dan 7 mL secara berurutan memberikan ketebalan sebesar 0,470 mm; 0,578 mm; 0,590 mm; dan 0,582 mm pada bioplastik. Hasil penelitian ini sejalan dengan

penelitian [19] yang menyebutkan semakin banyak penambahan gliserol pada luas cetakan yang sama dapat meningkatkan total padatan dalam larutan sehingga bioplasik semakin tebal. Pada penambahan gliserol 7 mL terjadi penurunan nilai ketebalan dikarenakan komponen penyusun bioplastik tidak terdispersi dengan baik sehingga larutan bioplastik kurang homogen. Selain itu, pengukuran yang dilakukan secara acak juga mempengaruhi ketebalan dari bioplastik [20].

Sifat Mekanik Bioplastik

Sifat mekanik biplastik yang dihasilkan pada penelitian ini ditentukan menggunakan uji tarik (*tensile test*). Parameter yang dianalisis pada pengujian ini terdiri dari nilai kuat tarik dan elongasi. Hasil pengujian uji tarik, berupa kuat tarik dan elongasi bioplastik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kuat tarik dan elongasi bioplastik dengan variasi penambahan gliserol

Penambahan Gliserol (mL)	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)
1	0,372	2
3	0,149	2,7
7	0,218	1,1
5	0,317	1,4

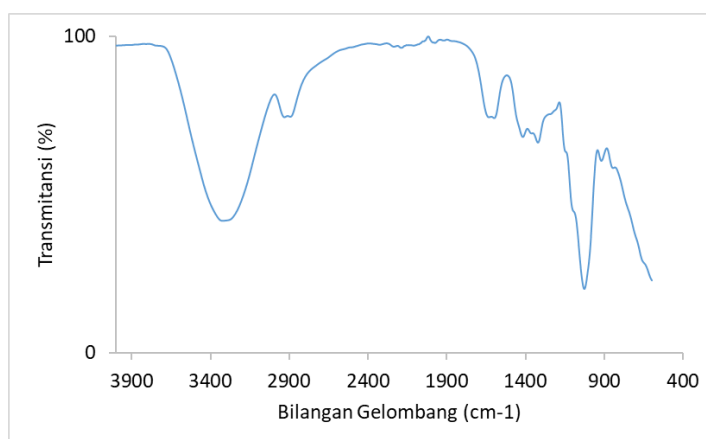
Berdasarkan data pada Tabel 2, nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini berada pada rentang 0,149 – 0,372 MPa sehingga memenuhi standar kuat tarik JIS Z 1707:2019 kelas 5 yaitu sebesar < 25 MPa. Adapun nilai kuat tarik tertinggi bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini diperoleh dari bioplastik dengan penambahan gliserol sebanyak 1 mL, yaitu sebesar 0,372 MPa. Hasil tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian [21] yang menghasilkan kuat tarik tertinggi sebesar 0,024 MPa. Kecilnya kuat tarik yang didapat disebabkan terlalu banyaknya penambahan selulosa sehingga campuran bioplastik menjadi kurang homogen dan berakibat pada lemahnya ikatan antara selulosa, kitosan, dan gliserol [22]. Penambahan gliserol juga cenderung menurunkan kekuatan tarik dari bioplastik. Hal ini sejalan dengan penelitian [23] yang menyatakan bahwa peningkatan gliserol dapat menurunkan kuat tarik bioplastik. Gugus O-H dari gliserol menyebabkan ikatan hidrogen yang terbentuk antar polimer menjadi berkurang/putus akibat disisipi oleh gliserol. Hal tersebut menyebabkan gerakan rantai polimer menjadi lebih bebas dan kuat tarik menurun. Adapun kuat tarik yang naik kembali setelah mengalami penurunan disebabkan oleh pencampuran yang kurang homogen sehingga penyisipan gliserol pada polimer belum sempurna [24].

Parameter sifat mekanik yang dianalisis pada penelitian ini selanjutnya adalah elongasi. Elongasi bioplastik yang didapatkan pada penelitian ini berada pada rentang 1,1 – 2,7 % yang memenuhi standar elongasi JIS Z 1707:2019 kelas 5 yaitu < 20 %. Elongasi tertinggi dihasilkan pada konsentrasi gliserol 3 mL yaitu sebesar 2,7%. Hasil tersebut lebih tinggi dibandingkan penelitian [25] dengan elongasi tertinggi sebesar 1,3%. Penambahan gliserol akan meningkatkan elastisitas yang menyebabkan meningkatnya elongasi dari bioplastik [9]. Penambahan gliserol mengurangi ikatan hidrogen antar polimer yang menyebabkan gerakan rantai polimer menjadi lebih bebas dan elongasi pun meningkat [23]. Peningkatan gliserol pada penelitian ini menunjukkan adanya kenaikan elongasi, namun pada penambahan 5 mL dan 7 mL gliserol cenderung menurunkan elongasi. Hal tersebut dipengaruhi oleh campuran yang kurang homogen sehingga penyisipan dan pemutusan ikatan hidrogen antar polimer oleh gliserol tidak merata [19].

Uji FTIR

Analisis spektrum inframerah dari pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada bioplastik. Bioplastik dengan penambahan gliserol 3 mL sebagai bioplastik

dengan elongasi tertinggi dianalisis gugus fungsinya. Gugus fungsi dari bioplastik hasil sintesis dengan ditampilkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Spektrum inframerah bioplastik selulosa/kitosan/glisierol 3 mL

Gambar 5 menunjukkan spektrum inframerah bioplastik selulosa/kitosan/glisierol 3 mL dengan absis berupa bilangan gelombang (cm^{-1}) dan ordinat berupa transmitansi (%). Hasil analisis spektrum inframerah menunjukkan pada bioplastik hasil sintesis tidak teridentifikasi gugus fungsi baru. Hasil identifikasi menunjukkan gugus fungsi yang ada berasal dari bahan baku yang digunakan yaitu selulosa (O-H, C-H dan C-O), kitosan (O-H, N-H, C-H, dan C-O), serta gliserol (O-H, C-O dan C-H) [5]. Pada bilangan gelombang $3323,37 \text{ cm}^{-1}$ teridentifikasi adanya gugus fungsi O-H ulur dan N-H ulur yang saling tumpang tindih. Gugus fungsi C-H ulur teridentifikasi pada bilangan gelombang $2931,15 \text{ cm}^{-1}$ serta C-H tekuk pada bilangan gelombang $1418,77 \text{ cm}^{-1}$ dan $1322,67 \text{ cm}^{-1}$. Gugus fungsi C-O ulur teridentifikasi pada bilangan gelombang $1028,66 \text{ cm}^{-1}$. Adapun gugus fungsi C=C ulur yang teridentifikasi pada panjang gelombang $1599,98 \text{ cm}^{-1}$ merupakan senyawa lignin yang masih terdapat pada selulosa hasil ekstraksi [15]. Gugus fungsi bioplastik hasil sintesis memiliki kemiripan dengan gugus fungsi bioplastik hasil penelitian [8]. Perbandingan gugus fungsi bioplastik ditampilkan oleh Tabel 3.

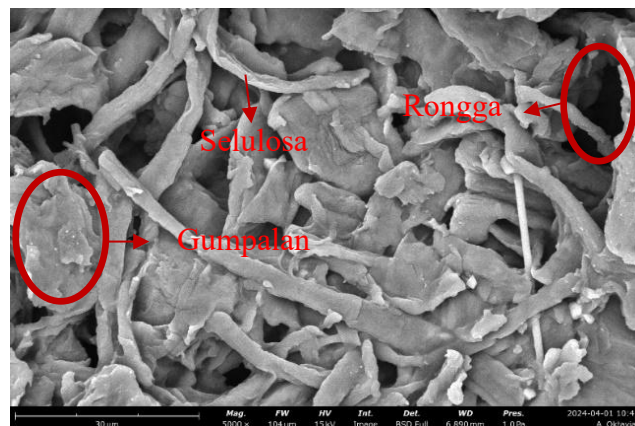
Tabel 3. Perbandingan gugus fungsi bioplastik selulosa/kitosan/glisierol

Gugus Fungsi	Rentang Bilangan Gelombang (cm^{-1}) [16]	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	
		Bioplastik	Bioplastik [8]
O-H ulur	3750-3000	3323,37	3415,12
N-H ulur	3750-3000	3323,37	3415,12
C-H ulur	3000-2700	2931,15	2925,17
C=C ulur	1675-1500	1599,98	1573,02
C-H tekuk	1475-1300	1418,77	1460,18
C-H tekuk	1475-1300	1322,67	1419,67
C-O ulur	1200-900	1028,66	1036,78

Uji SEM

Morfologi permukaan bioplastik dengan penambahan gliserol 3 mL yang dihasilkan pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 6. Hasil penelitian menunjukkan adanya gumpalan dari selulosa, selulosa, serta rongga. Hal ini menunjukkan proses pencampuran bahan kurang homogen. Selain itu, penggumpalan selulosa disebabkan karena kandungan selulosa yang terlalu banyak sehingga persebaran selulosa menjadi tidak merata. Sifat selulosa yang tidak larut dalam

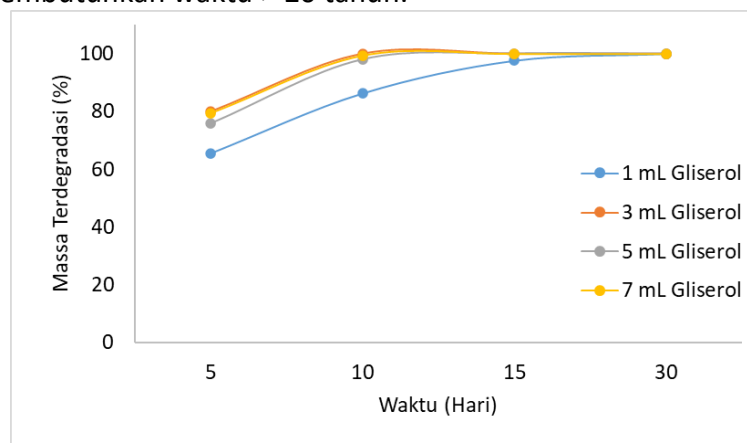
air juga turut menghasilkan permukaan yang kurang homogen [26]. Adapun untuk rongga yang terdapat pada hasil analisis menunjukkan bahwa selulosa tidak saling mengikat dengan kitosan maupun gliserol karena penambahan selulosa yang terlalu banyak [27].



Gambar 6. Morfologi permukaan bioplastik selulosa/kitosan/glisierol 3 mL

Uji Degradasi

Pengujian degradasi bioplastik dilakukan dengan metode penanaman. Pengukuran massa degradasi dilakukan pada hari ke 5, 10, 15, dan 30. Gambar 7 menunjukkan hubungan waktu terhadap massa terdegradasi bioplastik. Gambar 7 yang berupa grafik memiliki absis sebagai waktu (hari) dan ordinat sebagai massa terdegradasi (%). Hasil analisis menunjukkan dalam waktu 5 hari bioplastik dengan penambahan gliserol 1 mL, 3 mL, 5 mL, dan 7 mL secara berurutan telah terdegradasi sebanyak 65,4%; 80%; 75,8%; dan 79,3%. Dengan demikian, degradasi dari bioplastik yang dihasilkan telah memenuhi SNI yaitu terdegradasi > 60% dalam waktu satu minggu [28]. Adapun untuk waktu degradasi bioplastik secara sempurna pada penambahan 1 mL gliserol yaitu 30 hari, 3 mL gliserol 10 hari, serta pada penambahan 5 mL dan 7 mL gliserol membutuhkan waktu 15 hari. Hasil tersebut jauh lebih cepat dibandingkan degradasi plastik konvensional yang membutuhkan waktu > 20 tahun.



Gambar 7. Grafik waktu terhadap massa terdegradasi bioplastik

Hasil penelitian juga menunjukkan kecenderungan pada semakin besar penambahan gliserol maka kelajuan degradasi akan semakin cepat. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan semakin banyak penambahan gliserol dapat meningkatkan kelajuan degradasi karena gliserol dapat menyerap air dengan mudah. Semakin banyak air yang dapat menyerap ke dalam struktur bioplastik maka semakin mudah proses degradasi oleh mikroorganisme. Perlakuan penambahan 5 mL dan 7 mL gliserol lebih lambat kelajuan degradasinya dibandingkan

penambahan 3 ml gliserol disebabkan oleh proses pencampuran yang kurang homogen pada saat pembuatan bioplastik.

KESIMPULAN

Selulosa yang diperoleh dari batang pisang setelah proses ekstraksi menunjukkan kemurnian sebesar 93% dan berhasil diidentifikasi memiliki gugus fungsi khas selulosa, yaitu O–H, C–H, dan C–O. Penambahan gliserol sebagai plastisizer dalam formulasi bioplastik berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis material. Hasil menunjukkan bahwa penambahan gliserol meningkatkan ketebalan, persen elongasi, dan laju degradasi bioplastik, namun menurunkan nilai kuat tariknya. Bioplastik dengan karakteristik paling optimal diperoleh pada penambahan gliserol sebesar 3 mL, dengan nilai ketebalan 0,578 mm, kuat tarik 0,149 MPa, elongasi 2,7%, serta mampu terdegradasi secara sempurna dalam waktu 10 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Panjaitan, Irdoni and Bahrudin, "Pengaruh Kadar dan Ukuran Selulosa Berbasis Batang Pisang Terhadap Sifat dan Morfologi Bioplastik Berbahan Pati Umbi Talas," *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, vol. 4, no. 1, pp. 1-7, 2017.
- [2] K. Wijayanti, D. N, S. Faisah, V. Prayogi, W. Judiawan, T. Nugraha and N. T. Listyorini, "Bio-Degradable Bioplastics sebagai Plastik Ramah Lingkungan," *Surya Octagon of Interdisciplinary Journal of Science and Technology*, vol. 1, no. 2, pp. 131-153, 2016.
- [3] I. Nafiyanto, "Pembuatan Plastik Biodegradable dari Limbah Bonggol Pisang Kepok dengan Plasticizer Gliserol dari Minyak Jelantah dan Komposit Kitosan dari Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina Fulica*)," *Integrated Lab Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 75-89, 2019.
- [4] M. Rojtica, "Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Selulosa Asetat Limbah Tebu-Kitosan-Gliserol," *Skripsi*, no. Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, 2021.
- [5] R. Pratiwi, D. Rahayu and M. I. Barliana, "Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Jerami Padi (*Oryza Sativa*) sebagai Bahan Bioplastik," *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, vol. 3, no. 3, pp. 83-91, 2016.
- [6] A. Pine, N. Base and J. Angelina, "Produksi dan Karakterisasi Serbuk Selulosa dari Batang Pisang (*Musa Paradisiaca L.*)," *Jurnal Kesehatan Yamas Makassar*, vol. 5, no. 2, pp. 115-120, 2021.
- [7] E. Kustiyah, D. Novitasari, L. Wardani, H. Hasaya and M. Widianoro, "Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu untuk Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Metode Melt Intercalation Method," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 24, no. 2, pp. 300-306, 2023.
- [8] K. Hayati, 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.
- [9] S. Khodijah and J. M. L. Tobing, "Tinjauan Plastik Biodegradable dari Limbah Tanaman Pangan sebagai Kantong Plastik Mudah Terurai," *TEKNOTAN*, vol. 17, no. 1, pp. 21-26, 2023.
- [10] Z. Anita, F. Akbar and H. Harahap, "Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Singkong," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 2, no. 2, pp. 37-41, 2013.
- [11] L. Marlina and N. T. S. Achmad, "Pengaruh Variasi Penambahan Kitosan dan Gliserol terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar," *Jurnal TEDC*, vol. 15, no. 2, pp. 125-133, 2021.
- [12] L. Lismeri, Y. Darni, M. D. Sanjaya and M. I. Immadudin, "Pengaruh suhu dan waktu pretreatment alkali pada isolasi selulosa limbah batang pisang," *Journal of Chemical Process Engineering*, vol. IV, no. 1, pp. 18-22, 2019.

- [13] P. W. Sena, G. P. G. Putra and L. Suhendra, "Karakterisasi Selulosa dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) pada Berbagai Konsentrasi Hidrogen Peroksida dan Suhu Bleaching," *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, vol. 9, no. 3, pp. 288-299, 2021.
- [14] Hasniar, I. M. E. Hasmita, N. Mauliza and Kasturi, "Pembuatan Pulp dan Ppaer Berbahan Dasar Serat Kulit Pinang (*Areca Catechu* L.) dengan Penambahan Kitosan sebagai Zat Aditif Antibakteri," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 7698-7709, 2024.
- [15] F. Akbar, E. Nasra, D. Kurniawati, D. Beri and H. Sanjaya, "Isolasi dan Karakterisasi a-Selulosa dari Kulit Buah Matoa (*Pometia Pinnata*)," *Periodic*, vol. 12, no. 3, pp. 78-82, 2023.
- [16] Dachriyanus, *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*, Padang: Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi Universitas Andalas, 2004.
- [17] P. Rahmatullah, A. Rainadi, A. Permatasari and M. Pratama, "Pengaruh Waktu Reaksi dan Aditif Gliserol pada Sintesis Selulosa Asetat sebagai Bahan Dasar Bioplastik dari Serat Kapuk," *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, vol. 31, no. 1, pp. 34-41, 2020.
- [18] S. Julita, Zulferiyenni, D. Sartika and D. Koesoemawardani, "Pengaruh Penambahan Gliserol dan CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) terhadap Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Selulosa Kulit Buah Pinang (*Areca catechu* L.)," *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*, vol. 2, no. 2, pp. 264-273, 2023.
- [19] I. Nafilah and E. Sedyadi, "Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Gliserol terhadap Degradasi Bioplastik Pati Singkong dan Media Tanah Kompos," *Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, pp. 38-47, 2019.
- [20] R. Yuniastuti, "Sintesis Bioplastik dengan Pati Biji Alpukat, Selulosa Sabut Kelapa, Sorbitol dan CMC serta Penambahan Kitosan," Skripsi, p. Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan Politeknik Negeri Jakarta, 2021.
- [21] C. Adam, "Karakteristik Film Bioplastik Selulosa dari Ampas Tebu dan Sekam Padi," Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Makassar, 2017.
- [22] N. Fiqinanti, Zulferiyenni, Susilawati and F. Nurainy, "Karakteristik Biodegradable Film dari Kombinasi Bekatul Beras dan Selulosa Sekam Padi," *Jurnal Agroindustrial Berkelanjutan*, vol. 1, no. 2, pp. 283-293, 2022.
- [23] R. Anandito, E. Nurhartadi and A. Bukhori, "Pengaruh Gliserol terhadap Karakteristik Edible Film Berbahan Tepung Jali (*Coix lacryma-jobi*-L.)," *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, vol. 5, no. 2, pp. 17-23, 2012.
- [24] I. Wardah and E. Hastuti, "Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol dengan Pati dari Bonggol Pisang, Tongkol Jagung, dan Enceng Gondok terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Plastik Biodegradable," *Jurnal Neutrino*, vol. 7, no. 2, pp. 77-85, 2015.
- [25] Mashuni, L. Apriani, L. Ahmad and M. Jahiding, "Pembuatan Bioplastik Berbasis Kitosan dan Selulosa dari Limbah Tongkol Jagung (*Zea Mays* L.) dengan Bantuan Microwave sebagai Kemasan Makanan Anti Mikroba," *Prosiding Seminar Nasional MIPA 2021*, 23 Oktober 2021, pp. 157-170, 2021.
- [26] A. Fadilla, V. Amalia and I. Wahyuni, "Pengaruh Selulosa Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) sebagai Zat Pengisi Plastik Biodegradable Berbasis Pati Kulit Singkong (*Manihot fsculenta*)," *Seminar Nasional Kimia 2023 UIN Sunan Gunung Djati*, pp. 69-80, 2023.
- [27] W. Tamiogy, A. Kardisa, Hisbullah and S. Aprilia, "Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Kulit Buah Pinang sebagai Filler pada Pembuatan Bioplastik," *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, vol. 14, no. 1, pp. 63-71, 2018.
- [28] Badan Standarisasi Nasional, *Kriteria Ekolabel-Bagian 7: Kategori Produk Tas Belanja Plastik dan Bioplastik Mudah Terurai*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2016.