

The Effect of Glycerol Concentration on Biodegradable Plastic Made from Cassava Peel Starch

Pengaruh Konsentrasi dari Gliserol Terhadap Plastik Biodegradable Berbahan Pati dari Kulit Singkong

Leni Widiarti ^{a*}, Sajaratud Dur ^a, Aisyah Rafiqah Azla Siregar ^a

^a Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, North Sumatera, Indonesia.

*Corresponding Authors: leniwidiarti@uinsu.ac.id

Abstract

Indonesia is the second-largest producer of plastic waste in the world, while conventional plastics require a long time to decompose and may generate harmful emissions. Therefore, the development of biodegradable bioplastics has become increasingly important. Abundant cassava peels have potential as a starch source, with glycerol serving as a plasticizer and chitosan as a reinforcing agent. This study aimed to analyze the effect of varying glycerol concentrations (0, 2, 4, 6, and 8 mL) on the functional group characteristics and thermal properties of cassava peel starch–chitosan-based bioplastics. The bioplastics were synthesized by blending starch and chitosan at an 8:2 ratio, followed by the addition of glycerol at different concentrations. Characterization was conducted using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy and Differential Scanning Calorimetry (DSC). FTIR results indicated no formation of new functional groups; however, shifts and broadening of the –OH absorption bands were observed, suggesting physical interactions through hydrogen bonding among starch, chitosan, and glycerol. DSC analysis revealed that glycerol concentration significantly affected the thermal properties of the bioplastics, with the highest melting temperature (T_m) obtained at 6 mL glycerol (160.67 °C) and the lowest at 8 mL glycerol (129.33 °C). The formulation containing 8 mL glycerol exhibited the highest fusion enthalpy (321.73 J/g). These findings indicate that the addition of 6 mL glycerol provides the most optimal plasticization condition with the highest thermal stability, whereas higher glycerol concentrations result in over-plasticization. The optimal formulation shows potential for further development as an environmentally friendly packaging material.

Keywords: Cassava peel, starch, bioplastic, FTIR, DSC.

Abstrak

Indonesia merupakan produsen sampah plastik terbesar kedua di dunia, sementara plastik konvensional memiliki waktu dekomposisi yang panjang dan berpotensi menghasilkan emisi berbahaya. Oleh karena itu, pengembangan bioplastik biodegradable menjadi penting. Kulit singkong yang melimpah berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber pati, dengan gliserol sebagai plasticizer dan kitosan sebagai bahan penguat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi gliserol (0, 2, 4, 6, dan 8 mL) terhadap karakteristik gugus fungsi dan sifat termal bioplastik berbasis pati kulit singkong–kitosan. Bioplastik disintesis dengan mencampurkan pati dan kitosan pada rasio 8:2, diikuti penambahan gliserol dengan konsentrasi berbeda. Karakterisasi dilakukan menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Differential Scanning Calorimetry (DSC). Hasil FTIR menunjukkan tidak terbentuknya gugus fungsi baru, namun terjadi pergeseran dan pelebaran pita serapan –OH yang mengindikasikan interaksi fisik berupa ikatan hidrogen antara pati, kitosan, dan gliserol. Analisis DSC menunjukkan bahwa variasi gliserol berpengaruh signifikan terhadap sifat termal bioplastik, dengan nilai suhu leleh (T_m) tertinggi pada penambahan 6 mL gliserol (160,67 °C) dan terendah pada 8 mL gliserol (129,33 °C). Formulasi 8 mL gliserol menunjukkan nilai entalpi fusi tertinggi (321,73 J/g). Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan gliserol

sebesar 6 mL menghasilkan kondisi plastisasi paling optimal dengan stabilitas termal tertinggi, sedangkan konsentrasi yang lebih tinggi menyebabkan plastisasi berlebih. Formulasi optimum berpotensi dikembangkan sebagai material kemasan ramah lingkungan.

Kata Kunci: Kulit singkong, pati, bioplastik, FTIR, DSC.



Copyright © 2020 The author(s). You are free to : **Share** (copy and redistribute the material in any medium or format) and **Adapt** (remix, transform, and build upon the material) under the following terms: **Attribution** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use; **NonCommercial** — You may not use the material for commercial purposes; **ShareAlike** — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original. Content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\) License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Article History:

Received: 12/09/2025,
Revised: 27/11/2025,
Accepted: 28/11/2025,
Available Online: 30/12/2025.

QR access this Article



<https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v8i4.1072>

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara penghasil sampah plastik terbesar kedua di dunia setelah Tiongkok [1]. Plastik ada di mana-mana di sekitar kita, digunakan untuk berbagai tujuan karena murah, mudah didapat, dan tahan lama [2]. Plastik menghasilkan emisi karbon dan berbagai gas beracun lainnya selama proses produksinya, yang mengakibatkan masalah lingkungan dan kesehatan. Plastik mungkin membutuhkan waktu ratusan tahun untuk terurai di lingkungan [3]. Polusi plastik kemasan telah menjadi salah satu masalah lingkungan paling mendesak di seluruh dunia [4]. Kini, sampah makanan dapat diolah menjadi bioplastik sebagai alternatif plastik komoditas, yang merupakan beban lingkungan karena waktu degradasinya yang lama. Berkat daya tahannya, biaya rendah, dan kemampuan adaptasinya, plastik komoditas banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari [5].

Kemasan makanan ramah lingkungan telah banyak diminati oleh industri makanan sejak dekade terakhir, karena kemampuannya untuk mempertahankan kualitas makanan meskipun menggabungkan senyawa aktif dan bahan alami ke dalam bahan kemasan. Bioplastik dari zat polisakarida merupakan bahan yang efektif untuk menahan perpindahan gas O₂ dan CO₂ tetapi kurang baik sebagai penahan uap air karena sifat hidrofiliknya. Bahan lain yang dapat digunakan untuk kemasan pangan adalah PVA/Kitosan karena bahan ini dapat meningkatkan sifat mekanik bioplastik [6]. Keunggulan utama plastik berbasis bio adalah jejak karbon yang rendah, biaya energi yang rendah dalam pembuatannya, dan pengurangan sampah dengan peningkatan kemampuan pengomposan [7]. Kserbagunaan plastik dalam kehidupan membutuhkan pengembangan sintesis bioplastik yang berkelanjutan untuk menghasilkan bioplastik yang dapat menggantikan fungsi plastik [8]. Bioplastik bersifat transparan, fleksibel, tahan lama, memiliki penghalang yang baik, dan juga tahan panas. Ada tiga jenis bioplastik: 1. Bioplastik berbasis pati, 2. Bioplastik berbasis selulosa, dan 3. Bioplastik berbasis protein [9].

Penelitian tentang bioplastik sudah cukup banyak dilakukan, terutama dengan bahan baku pati seperti pati kulit singkong dan kitosan [10]. Pati sedang diteliti sebagai matriks polimer untuk mengembangkan bioplastik. Karbohidrat ini merupakan polimer sakarida yang terbentuk dari banyak monomer dengan ikatan glikosidik yang mengandung amilosa dan amilopektin yang merupakan bahan yang akan diekstraksi dan digunakan untuk membuat film bioplastik [11].

Pati tersedia dalam jumlah besar, tetapi karena penghalang air dan sifat mekanisnya yang buruk, material lain perlu ditambahkan ke dalam matriks untuk meningkatkan sifat material tersebut [12]. Untuk mengatasi keterbatasan ini, plasticizer seperti gliserin telah ditambahkan untuk meningkatkan masa simpan dan elastisitas produk. Kehadiran plasticizer juga menempati ruang antara rantai polimer pati yang kemudian

menurunkan kristalinitas plastik. Pati yang diplastisasi ini lebih serbaguna dan dapat dicampur dengan berbagai bahan polimer untuk berbagai aplikasi [13].

Sifat mekanik plastik dipengaruhi oleh komposisi komponen penyusunnya [14]. Gliserol merupakan plasticizer yang sangat baik yang meningkatkan fleksibilitas dan sifat mekanik bioplastik [15]. Kitosan dalam penelitian ini digunakan sebagai penguat dan pelapis yang dapat dimakan untuk mencegah kontaminasi film bioplastik saat digunakan untuk makanan. Aditif ini merupakan biopolimer yang dapat diperoleh dari cangkang udang atau kepiting [11].

Penelitian mengenai bioplastik berbasis pati-kitosan telah banyak dilaporkan, terutama terkait karakteristik dasar dan kelayakan aplikasinya sebagai bahan kemasan ramah lingkungan. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut belum secara spesifik mengkaji pengaruh variasi konsentrasi plasticizer terhadap perubahan sifat fisik dan termal bioplastik secara terkontrol. Padahal, konsentrasi plasticizer merupakan faktor penting yang menentukan fleksibilitas, stabilitas termal, dan integritas struktur material bioplastik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara sistematis pengaruh variasi gliserol pada rentang 0–8 mL terhadap analisa gugus fungsi dan termal bioplastik berbasis pati-kitosan. Pemilihan rentang konsentrasi gliserol tersebut didasarkan pada pertimbangan tingkat plastisasi rendah hingga sedang, sehingga perubahan struktur dan performa material dapat diamati tanpa menyebabkan penurunan kualitas film yang signifikan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penentuan konsentrasi gliserol optimum yang mampu menghasilkan bioplastik pati-kitosan dengan keseimbangan antara fleksibilitas dan stabilitas termal yang sesuai untuk aplikasi kemasan pangan. Penelitian ini mengajukan hipotesis bahwa peningkatan konsentrasi gliserol akan meningkatkan fleksibilitas bioplastik, namun pada konsentrasi tertentu berpotensi menurunkan ketahanan termal material.

Metode Penelitian

Isolasi Pati Kulit Singkong

Kulit singkong segar digunakan sebagai bahan baku untuk isolasi pati. Sampel dipotong kecil-kecil dan dicampurkan dengan air pada perbandingan 1:1, kemudian dihancurkan menggunakan blender hingga membentuk suspensi homogen. Suspensi tersebut disaring, dan filtrat yang diperoleh ditampung dalam wadah plastik transparan untuk proses pengendapan. Filtrat didiamkan selama ± 24 jam hingga pati terpisah dari fase cair. Endapan pati kemudian dipisahkan melalui dekantasi, dikeringkan di atas nampan di bawah sinar matahari langsung hingga kering, dan selanjutnya ditimbang untuk memperoleh rendemen pati.

Pembuatan Bioplastik

Larutkan pati kulit singkong dengan air dengan perbandingan 1:2 sambil di aduk dengan stirrer hingga larut. Kemudian kitosan dilarutkan dengan air dengan perbandingan 1:10 kemudian untuk mempermudah pelarutan di tambahkan asam asetat 1% sebanyak 1 ml sambil di aduk dengan stirrer hingga larut.

Bioplastik dibuat dengan mencampurkan pati kulit singkong dengan kitosan kulit udang dengan perbandingan 8:2 di dalam beaker glass besar untuk mempermudah pengadukan. Campuran diaduk sambil dipanaskan di atas hotplate pada suhu 60 °C hingga campuran homogen. Gliserol ditambahkan ke dalam campuran homogen dengan jumlah bervariasi: 0 ml, 2 ml, 4 ml, 6 ml, dan 8 ml. Campuran bioplastik homogen ini dituangkan ke dalam cetakan dan kemudian dikeringkan dalam oven hingga bioplastik kering.

Analisa Gugus Fungsi Pati Kulit Singkong dan Bioplastik

Analisa gugus fungsi pati kulit singkong dan bioplastik yang dihasilkan menggunakan instrument *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dengan metode *Attenuated Total Reflectance* (ATR). Spektroskopi ATR hanya membutuhkan sedikit persiapan sampel. Sampel ditempatkan dalam kontak langsung dengan kristal ATR, yang dapat terbuat dari bahan seperti intan, seng selenida, atau germanium.

Analisis Termal Bioplastik menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC)

Analisa gugus fungsi dilakukan menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC). Sebanyak 5 mg sampel di lakukan perlakuan dari suhu 20 °C hingga 240 °C dengan kenaikan suhu 5 °C setiap menit.

Results and Discussion

Pati Kulit Singkong

Proses produksi pati kulit singkong dari limbah kulit singkong dari pabrik keripik singkong dimulai dengan memisahkan kulit singkong dari kulit luarnya yang berwarna coklat. Kulit bagian dalam yang berwarna putih akan digunakan sebagai sumber pati. Epidermis dicuci, lalu digiling dengan blender hingga menjadi bubur. Residu kemudian disaring melalui saringan. Suspensi yang dihasilkan kemudian diendapkan. Endapan yang dihasilkan berupa pati basah, yang kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Pati diperoleh dari limbah kulit singkong dalam bentuk bubuk. Pati kulit singkong kering yang diperoleh kemudian diuji Analisa gugus fungsi dengan FTIR.

Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik dari pati kulit singkong dengan kitosan dengan variasi konsentrasi gliserol yaitu 0 ml, 2 ml, 4 ml, 6 ml, dan 8 ml yang di hasilkan dicetak di dalam cetakan dengan ukuran 2 x 10 cm dengan ketebalan kurang dari 1 mm (0,04 in) sesuai dengan ASTM D882.

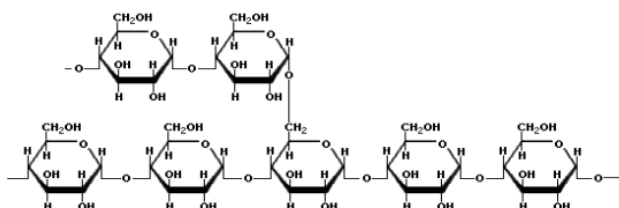


Gambar 1. Spesimen bioplastik

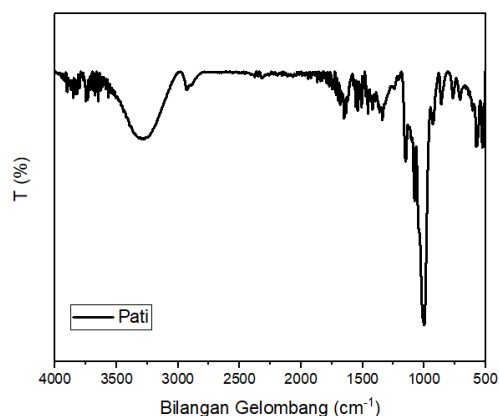
Bioplastik di dalam cetakan kemudian di keringkan di bawah sinar matahari langsung hingga bioplastik kering. Bioplastik yang dihasilkan kemudian di uji analisa gugus fungsi dengan instrument *Fourrier Transform Infra Red* (FTIR) dan analisa termal dengan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC).

Analisa Gugus Fungsi Pati Kulit Singkong dan Bioplastik

Karakterisasi bioplastik biodegradabel yang telah dilakukan dilakukan menggunakan FTIR untuk menentukan gugus fungsi yang terkandung dalam bioplastik. Spektrum hasil analisis FTIR gliserol, kitosan dan bioplastic dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Struktur Pati

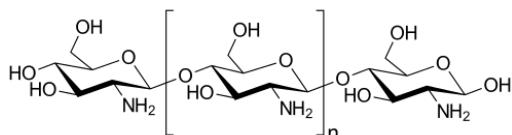


Gambar 3. Spektrum FTIR pati

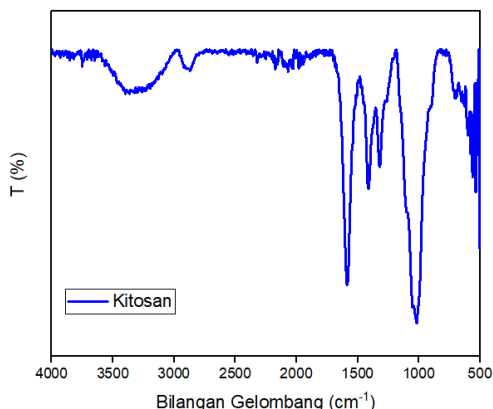
Hasil analisis FTIR pati kulit singkong yang dilakukan disajikan dalam spektrum pada Gambar 3. Gambar menunjukkan pelebaran serapan pada bilangan gelombang 3387 cm^{-1} yang mencirikan gugus -OH. Puncak yang khas pada 2929 cm^{-1} berhubungan dengan regangan C-H. Puncak pada 1150 cm^{-1} dan 1080 cm^{-1} menunjukkan regangan ikatan C-O-C pada cincin glukosidik, sedangkan puncak serapan pada 1641 cm^{-1}

menunjukkan vibrasi tekukan H-O-H dalam air yang terikat pati. Selain itu, puncak absorpsi pada 1420 cm^{-1} dan 1341 cm^{-1} menunjukkan tekukan C-H dari gugus CH_2OH . Puncak serapan yang tajam pada 998 cm^{-1} menunjukkan regangan C-O. Puncak serapan pada 930 cm^{-1} , 855 cm^{-1} dan 760 cm^{-1} berhubungan dengan vibrasi cincin C – O – C karbohidrat [16]. Selain itu, terdapat puncak pada bilangan gelombang $1635,54\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan ikatan yang terjadi bersifat siklik atau aromatik

Spektrum kitosan memiliki serapan tajam dengan bilangan gelombang $3425,58\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus O-H yang tumpang tindih dengan N-H, serapan pada bilangan gelombang $2877,79\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya C-H dan $1072,42\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya C-O.

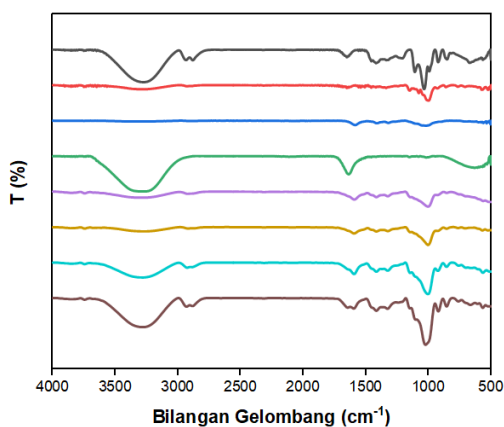


Gambar 4. Struktur Kitosan



Gambar 5. Spektrum FTIR kitosan

Setelah bioplastik terbentuk, pola serapan puncak yang dihasilkan sedikit berbeda dengan bahan dasarnya, yaitu kitosan. Terjadi pelebaran serapan kuat pada panjang gelombang $3425,58\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus O-H yang tumpang tindih dengan N-H.



Gambar 6. Spektrum Gabungan dari Gliserol, Pati, Kitosan, dan Bioplastik

Keterangan

	Gliserol		Bioplastik + Gliserol 2 ml
	Pati kulit singkong		Bioplastik + Gliserol 4 ml
	Kitosan		Bioplastik + Gliserol 6 ml
	Bioplastik + Gliserol 0 ml		Bioplastik + Gliserol 8 ml

Ikatan C-H ditunjukkan dengan serapan yang sedikit bergeser pada bilangan gelombang $2885,51\text{ cm}^{-1}$, dan untuk C-O ditandai dengan serapan pada bilangan gelombang $1064,71\text{ cm}^{-1}$ [17]. Penyerapan gugus fungsi dengan bilangan gelombang yang sama juga dihasilkan oleh bioplastik kitosan yang ditambahkan pati kulit singkong. Pada sekitar panjang gelombang tersebut juga mengalami pelebaran serapan, hal ini disebabkan oleh peningkatan gugus O-H akibat penambahan pati kulit singkong. Puncak pada $3448,72\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus O-H tumpang tindih dengan N-H, puncak pada bilangan gelombang $2877,79\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya C-H dan puncak pada bilangan gelombang $1080,14\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya C-O.

Berdasarkan analisis Gambar 6, meskipun spektrum FTIR bioplastik tidak menunjukkan munculnya puncak baru, teramati adanya perubahan posisi dan intensitas beberapa pita serapan utama dibandingkan dengan spektrum bahan penyusunnya. Perubahan ini terutama terlihat pada pita serapan gugus hidroksil (–

OH) yang berada pada kisaran bilangan gelombang 3200–3500 cm^{-1} . Pada spektrum bioplastik, pita –OH mengalami pelebaran serta peningkatan intensitas dengan puncak maksimum pada 3425,58 cm^{-1} , yang mengindikasikan terjadinya tumpang tindih antara gugus –OH dari pati dan gliserol dengan gugus –NH dari kitosan.

Pergeseran dan pelebaran pita –OH tersebut mengindikasikan terbentuknya interaksi ikatan hidrogen antarmolekul antara pati, kitosan, dan gliserol. Gliserol, yang memiliki beberapa gugus hidroksil, berperan sebagai donor dan akseptor ikatan hidrogen, sehingga mampu berinteraksi dengan gugus hidroksil pada pati serta gugus amina dan hidroksil pada kitosan. Interaksi ini menyebabkan melemahnya ikatan hidrogen intramolekul pada masing-masing polimer dan mendorong terbentuknya jaringan ikatan hidrogen baru yang lebih dinamis dalam matriks bioplastik.

Selain itu, perubahan intensitas pita –OH menunjukkan meningkatnya mobilitas rantai polimer akibat efek plastisasi gliserol. Keberadaan gliserol di antara rantai pati dan kitosan meningkatkan jarak antarrantai, menurunkan tingkat kristalinitas, dan menghasilkan struktur film yang lebih fleksibel dan homogen. Fenomena ini sejalan dengan peran gliserol sebagai plasticizer yang tidak membentuk ikatan kovalen baru, tetapi memodifikasi sifat material melalui interaksi fisik berupa ikatan hidrogen.

Dengan demikian, hasil analisis FTIR mengonfirmasi bahwa pembentukan bioplastik pati–kitosan–gliserol didominasi oleh interaksi ikatan hidrogen, yang berkontribusi terhadap perubahan sifat fisik dan mekanik bioplastik tanpa mengubah struktur kimia dasar masing-masing komponen

Analisis Termal Bioplastik menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC)

Pati bersifat rapuh dan sulit diproses karena sifat fisiknya, yaitu nilai transisi gelas dan suhu lelehnya yang relatif tinggi. Tg (Transisi gelas) pati kering murni diperkirakan sekitar 240 °C, di atas titik awal degradasi termalnya (sekitar 220 °C). Tg dan kerapuhan pati yang tinggi terutama disebabkan oleh ikatan hidrogen intramolekul antar makromolekul pati. Kelemahan ini membatasi pembentukan film dengan sifat mekanik yang baik. Oleh karena itu, pati harus dimodifikasi untuk memecah butiran kristal dan menurunkan Tg serta suhu leleh (Tm) dengan menambahkan plasticizer, pencampuran dengan polimer lain, modifikasi, atau kombinasi kimia sebelum dapat diproses menjadi plastik/film. [18].

Sifat termal seperti suhu leleh (Tm) dan kaca suhu transisi (Tg) bioplastik dipelajari menggunakan DSC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Telah dianalisa menggunakan instrument DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) dari hasil sintesis bioplastik dengan variasi penambahan gliserol dari 0, 2, 4, 6 dan 8 ml.

Analisa titik lebur melalui DSC dapat digunakan untuk mengidentifikasi polimer. Titik lebur merupakan suhu maksimum/tertinggi dari rentang suhu di mana polimer tersebut mulai berubah menjadi cair. Secara umum, jenis polimer yang berbeda memiliki titik lebur yang berbeda. Melalui Gambar 7, dapat dilihat bahwa titik suhu tertinggi dari bioplastik 6 ml gliserol dengan Tm = 160,67 °C dan terendah dimiliki oleh bioplastik 8 ml dengan Tm = 129,33 °C (Gambar 4.17).

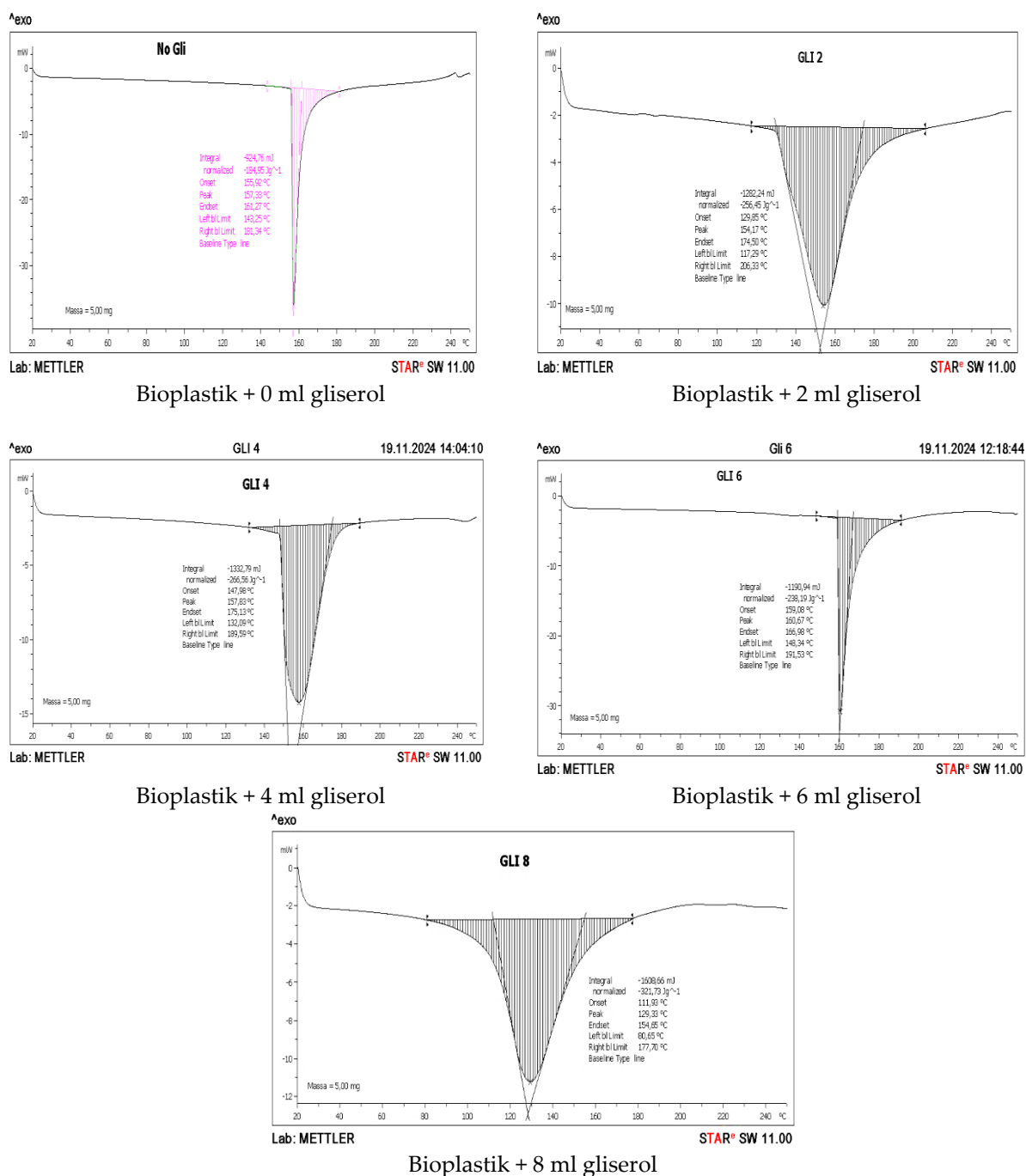
Tabel 1. Pengukuran titik leleh (Tm) sampel bioplastik dengan konsentrasi gliserol 0, 2, 4, 6, dan 8 ml.

Sampel	Tm (°C)	Entalpi (Jg ⁻¹)
Bioplastik + 0 ml Gliserol	157,33	184,95
Bioplastik + 2 ml Gliserol	154,17	256,45
Bioplastik + 4 ml Gliserol	157,83	266,56
Bioplastik + 6 ml Gliserol	160,67	238,19
Bioplastik + 8 ml Gliserol	129,33	321,73

Selain menganalisa titik lebur, DSC juga dapat digunakan untuk menyelidiki entalpi fusi, yaitu energi yang dibutuhkan untuk merubah bentuk suatu zat padat menjadi cair. Besarnya entalpi ini dapat diperoleh dengan menghitung area di bawah titik suhu lebur (titik tertinggi). Berdasarkan evaluasi, nilai entalpi tertinggi terdapat di sampel bioplastik dengan 8 ml gliserol yaitu 321,73 Jg⁻¹ dan terendah terdapat pada sampel bioplastik tanpa gliserol yaitu 184,95 Jg⁻¹. Hasil ini menunjukkan bahwa komponen tersebut terbuat dari bahan/material yang berbeda. Perbedaan nilai entalpi fusi dapat disebabkan oleh penggunaan jenis polimer baik matriks maupun filler nya.

Hasil analisis DSC menunjukkan bahwa variasi konsentrasi gliserol memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat termal bioplastik pati–kitosan. Nilai titik leleh (Tm) meningkat dari sampel tanpa gliserol hingga mencapai nilai maksimum pada penambahan 6 mL gliserol, kemudian mengalami penurunan tajam

pada konsentrasi 8 mL. Tren ini mengindikasikan adanya kondisi plastisasi optimum pada konsentrasi gliserol tertentu.



Gambar 7. Termogram DSC dari sampel Bioplastik dengan konsentrasi gliserol 0, 2, 4, 6, dan 8 ml

Peningkatan nilai T_m hingga 6 mL gliserol dapat dikaitkan dengan terbentuknya interaksi ikatan hidrogen yang lebih teratur antara pati, kitosan, dan gliserol. Pada konsentrasi ini, gliserol berperan efektif sebagai plasticizer yang meningkatkan mobilitas rantai polimer tanpa secara signifikan merusak keteraturan struktur kristalin. Interaksi antarmolekul yang optimal tersebut memungkinkan terbentuknya matriks bioplastik yang lebih stabil secara termal, sehingga memerlukan suhu yang lebih tinggi untuk mengalami transisi fase padat ke cair.

Sebaliknya, penurunan drastis nilai T_m pada konsentrasi 8 mL gliserol menunjukkan terjadinya plastisasi berlebih (*over-plasticization*). Pada kondisi ini, jumlah gliserol yang berlebihan menyebabkan peningkatan jarak antarrantai polimer secara signifikan, sehingga ikatan hidrogen antar rantai pati dan kitosan menjadi melemah. Akibatnya, struktur kristalin menjadi kurang stabil dan material lebih mudah

mengalami pelelehan pada suhu yang lebih rendah. Fenomena ini menunjukkan bahwa penambahan plasticizer yang berlebihan justru menurunkan stabilitas termal bioplastik.

Selain titik leleh, nilai entalpi fusi (ΔH_f) menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi gliserol, dengan nilai tertinggi pada sampel 8 mL gliserol. Peningkatan nilai entalpi fusi ini mengindikasikan bahwa proses pelelehan memerlukan energi yang lebih besar, yang berkaitan dengan meningkatnya interaksi fisik dan distribusi energi panas dalam matriks polimer yang lebih plastis. Namun, peningkatan entalpi ini tidak serta-merta menunjukkan peningkatan kristalinitas. Sebaliknya, pada sistem terplastisasi, entalpi yang tinggi dapat mencerminkan meningkatnya fraksi fase amorf yang menyerap energi lebih besar selama transisi termal.

Hubungan antara nilai T_m dan entalpi fusi menunjukkan bahwa sampel dengan 6 mL gliserol memiliki keseimbangan terbaik antara stabilitas kristalin dan fleksibilitas rantai polimer. Pada konsentrasi ini, bioplastik menunjukkan suhu leleh tinggi dengan entalpi yang relatif stabil, menandakan struktur yang cukup teratur namun tetap plastis. Sebaliknya, pada 8 mL gliserol, meskipun entalpi fusi tinggi, rendahnya nilai T_m menunjukkan dominasi fase amorf dan menurunnya stabilitas termal akibat plastisasi berlebih.

Implikasi dari hasil DSC ini terhadap aplikasi bioplastik menunjukkan bahwa bioplastik dengan penambahan gliserol hingga 6 mL lebih sesuai untuk aplikasi kemasan pangan yang membutuhkan ketahanan terhadap suhu sedang dan stabilitas bentuk selama penyimpanan dan penggunaan. Sementara itu, bioplastik dengan konsentrasi gliserol yang lebih tinggi, seperti 8 mL, berpotensi digunakan untuk aplikasi yang memerlukan fleksibilitas tinggi namun tidak menuntut ketahanan termal yang tinggi. Dengan demikian, pengaturan konsentrasi gliserol menjadi faktor kunci dalam menentukan karakteristik dan aplikasi akhir bioplastik pati-kitosan.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi gliserol memengaruhi secara signifikan karakteristik termal dan interaksi antarkomponen bioplastik berbasis pati kulit singkong-kitosan. Analisis DSC menunjukkan bahwa penambahan gliserol sebesar 6 mL menghasilkan kondisi plastisasi yang paling optimal, ditunjukkan oleh nilai titik leleh (T_m) tertinggi sebesar 160,67 °C yang mencerminkan stabilitas termal yang lebih baik dibandingkan formulasi lainnya. Penurunan nilai T_m pada konsentrasi gliserol 8 mL mengindikasikan terjadinya plastisasi berlebih yang menyebabkan melemahnya interaksi antarmolekul dan penurunan stabilitas termal material. Analisis FTIR menunjukkan tidak terbentuknya gugus fungsi baru pada bioplastik, namun teramati pergeseran dan pelebaran pita serapan gugus -OH yang tumpang tindih dengan -NH, yang menandakan bahwa interaksi antara pati, kitosan, dan gliserol didominasi oleh ikatan hidrogen. Temuan ini menegaskan bahwa pengaturan konsentrasi gliserol berperan penting dalam menentukan keseimbangan antara stabilitas termal dan fleksibilitas bioplastik pati-kitosan, sehingga formulasi dengan 6 mL gliserol berpotensi dikembangkan sebagai bahan kemasan pangan ramah lingkungan. Penelitian lanjutan disarankan untuk mencakup pengujian sifat mekanik, biodegradasi, dan kristalinitas guna memperkuat evaluasi kinerja material.

Conflict of Interest

Para penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan yang berkaitan dengan penelitian ini. Seluruh proses penelitian dan penyusunan naskah dilakukan secara independen, tanpa keterlibatan atau pengaruh pihak eksternal, serta tidak terdapat kepentingan pribadi, finansial, maupun profesional yang dapat memengaruhi objektivitas, analisis, maupun interpretasi hasil penelitian.

Referensi

- [1] D.K Anjani et all. Jurnal Pena Sains Innovation In Making Bioplastic From Corn Starch : A 2025;12.
- [2] Shafqat A, Al-Zaqri N, Tahir A, Alsalmeh A. Synthesis and characterization of starch based bioplastics using varying plant-based ingredients, plasticizers and natural fillers. Saudi Journal of Biological Sciences 2021;28:1739–49. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.12.015>.

- [3] Joseph R, Leneeygreen KB, Rajathi K. Synthesis and Characterization of Biodegradable Starch-Based Bioplastic Using *Plectranthus Rotundifolius*. International Journal of Research Publication and Reviews Vol 2021:459–65.
- [4] Yang J, Dong X, Wang J, Ching YC, Liu J, Chunhui Li, et al. Synthesis and properties of bioplastics from corn starch and citric acid-epoxidized soybean oil oligomers. Journal of Materials Research and Technology 2022;20:373–80. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.07.119>.
- [5] Mund S, Shrivastava S. Potato peels: Synthesis of Starch-based Bioplastic. BioGecko 2023;12:9–16.
- [6] Mutmainna I, Tahir D, Lobo Gareso P, Ilyas S. Synthesis composite starch-chitosan as biodegradable plastic for food packaging. Journal of Physics: Conference Series 2019;1317. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012053>.
- [7] Ismail NA, Mohd Tahir S, Yahya N, Abdul Wahid MF, Khairuddin NE, Hashim I, et al. Synthesis and characterization of biodegradable starch-based bioplastics. Materials Science Forum 2016;846:673–8. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.846.673>.
- [8] Arifin UF. Effect of gelatinization acidity on bioplastic synthesis of glutinous rice starch reinforced by bamboo leaf powder pengaruh tingkat keasaman gelatinisasi pada sintesis bioplastik dari pati ketan berpenguat serbuk daun bambu Uma Fadzilia Arifin * 2022;21:258–67.
- [9] Rizwana Beevi K, Sameera Fathima AR, Thahira Fathima AI, Thameemunisa N, Noorjahan CM, Deepika T. Bioplastic synthesis using banana peels and potato starch and characterization. International Journal of Scientific and Technology Research 2020;9:1809–14.
- [10] Putri LSE, Saridewi N, Farah S. Synthesis and Characterization of Bioplastic from Macroalgae *Padina australis*. Jurnal Kimia Valensi 2023;9:235–43. <https://doi.org/10.15408/jkv.v9i2.32906>.
- [11] Syaubari, Abubakar, Asnawi TM, Zaki M, Khadafi M, Harmanita I. Synthesis and characterization of biodegradable plastic from watermelon rind starch and chitosan by using glycerol as plasticizer. Materials Today: Proceedings 2022;63:S501–6. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.535>.
- [12] Sobeih MO, Sawalha S, Hamed R, Ali F, Kim MP. Starch-Derived Bioplastics: Pioneering Sustainable Solutions for Industrial Use. Materials 2025;18:1–32. <https://doi.org/10.3390/ma18081762>.
- [13] Ismail NA, Mohd Tahir S, Yahya N, Abdul Wahid MF, Khairuddin NE, Hashim I, et al. Synthesis and characterization of biodegradable starch-based bioplastics. Materials Science Forum 2016;846:673–8. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.846.673>.
- [14] Jannah NR, Jamarun N, Putri YE. Production of Starch-Based Bioplastic from *Durio zibethinus* Murr Seed Using Glycerol as Plasticizer. Jurnal Riset Kimia 2021;12:159–65. <https://doi.org/10.25077/jrk.v12i2.398>.
- [15] Nagaraj Dr Vishishtta, Infancia Lenita, Anwari Sadaf, M Harshitha, KN Sanjay. Characterization of Bioplastic Prepared From Composites of Food Waste. International Journal of Novel Research and Development 2023;8:5–6.
- [16] Kanyiri J, Omwoyo F, Shem P, Otieno G. Optimization of Cassava-Peel Derived Nanostarch Via Sulphuric Acid Hydrolysis Using Taguchi Method. Journal of Biomaterials 2024;8:23–32. <https://doi.org/10.11648/j.jb.20240802.11>.
- [17] Syuhada M, Sofa SA, Sedyadi E. The Effect of Cassava Peel Starch Addition to Bioplastic Biodegradation Based On Chitosan On Soil and River Water Media. Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry 2020;9:7–13. <https://doi.org/10.14421/biomedich.2020.91.7-13>.
- [18] Berghuis NT, Mutmainah DK, Savitri MN, Arizki M, Yunita DD, Awaluddin F, et al. Bioplastic from Cassava peel and eggshell waste. Journal of Natural Sciences and Mathematics Research 2022;8:75–83. <https://doi.org/10.21580/jnsmr.2022.8.2.13696>.