



## Pemanfaatan Selulosa dari Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) pada Penyediaan Bioplastik Berbasis Pati Biji Durian (*Durio zibethinus Murr*) yang Bersifat *Biodegradable*

### *Utilization of Cellulose from Sugar Cane Bagasse (*Saccharum officinarum*) in the Provision of Bioplastics Based on Durian Seed Starch (*Durio zibethinus Murr*) which is Biodegradable*

Febry Angelika Nababan, Halimatuddahlia Nasution\*, Zuhrina Masyithah

Departemen Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155, Indonesia

\*Email: [halimatuddahlia@usu.ac.id](mailto:halimatuddahlia@usu.ac.id)

#### Article history:

Diterima : 23 April 2025  
Direvisi : 2 Juni 2025  
Disetujui : 9 Juni 2025  
Mulai online : 27 September 2025

E-ISSN: 2337-4888

#### How to cite:

Febry Angelika Nababan, Halimatuddahlia Nasution, Zuhrina Masyithah. (2025). Pemanfaatan Selulosa dari Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) pada Penyediaan Bioplastik Berbasis Pati Biji Durian (*Durio zibethinus Murr*) yang Bersifat *Biodegradable*. Jurnal Teknik Kimia USU, 14(2), 47-56.

#### ABSTRAK

Bioplastik bersifat *biodegradable* ialah plastik ramah lingkungan karena mampu terurai menjadi air, karbon dioksida, biomassa atau senyawa organik, yang dapat dibuat dari bahan biomassa seperti pati. Bioplastik berbasis pati ditambahkan *plasticizer* yang bersifat hidrofobik seperti gliserol untuk mencegah keretakan dan ditambahkan pengisi seperti selulosa dari ampas tebu untuk meningkatkan kekuatan mekaniknya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh selulosa ampas tebu terhadap karakteristik dan sifat bioplastik. Pada penelitian ini pati yang digunakan 5 g, konsentrasi selulosa ampas tebu 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, dan gliserol 30% dari berat total bioplastik. *Yield* dari pati biji durian dan selulosa ampas tebu sebesar 16,06% dan 46,36%. Bioplastik terbaik diperoleh dengan konsentrasi selulosa ampas tebu 6%, dengan nilai kuat tarik 2,331 MPa, elongasi 8,193%, densitas 0,933 g/mL, daya serap air 92,43%, dan terdegradasi 100% di hari ke-21 pada metode *soil burial test*.

**Kata kunci:** biji durian, selulosa ampas tebu, gliserol, bioplastik, *biodegradable*

#### ABSTRACT

*Biodegradable bioplastics are environmentally friendly plastics that can decompose into water, carbon dioxide, biomass or organic compounds, which can be made from biomass materials such as starch. Starch-based bioplastics were mixed with hydrophobic plasticizers like glycerol to prevent it from cracking and fillers like cellulose from sugarcane bagasse were added to make it stronger. This study aims to determine the effect of sugarcane bagasse cellulose on the characteristics and properties of bioplastics. In this study, the starch used was 5 g, cellulose concentrations were (0, 3, 6, 9, 12)%, and glycerol 30% of the total weight of bioplastics. Yield of durian seed starch and bagasse cellulose was 16.06% and 46.36%. The best bioplastic was obtained with 6% bagasse cellulose concentration, with tensile strength of 2.331 MPa, elongation of 8.193%, density of 0.933 g/mL, water absorption of 92.43%, and 100% degradation on the 21st day in the soil burial test method.*

**Keyword:** durian seeds, sugarcane bagasse cellulose, glycerol, bioplastics, *biodegradable*



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.  
<https://doi.org/10.32734/jtk.v14i2.20594>

## 1. Pendahuluan

Bioplastik yang bersifat *biodegradable* merupakan plastik ramah lingkungan karena mampu terurai atau terdekomposisi menjadi air, karbon dioksida, biomassa atau senyawa organik. Produk bioplastik sangat membantu meringankan ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar fosil dan krisis energi saat ini [1]. Keuntungan dari penggunaan bioplastik yaitu berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui, sehingga keberadaannya dapat terus dilestarikan. Bahan ini dapat dibuat dari bahan biomassa seperti pati, selulosa, lignin, dan pektin. Pengembangan bioplastik telah difokuskan pada pati yang merupakan bahan baku tersedia di alam. Di Indonesia potensi pengembangan bioplastik sangat besar karena memiliki hasil pertanian dan kelautan yang dapat dikembangkan menjadi biopolimer [2].

Pati (polisakarida) merupakan biopolimer yang menjadi salah satu komponen penting dalam pembuatan bioplastik. Pati paling menguntungkan dalam pembuatan bioplastik karena memiliki sifat transparansi, non-toksitas, dan biaya rendah [3, 4]. Beberapa pati yang sering digunakan dalam produksi bioplastik adalah pati kentang, pati sagu, pati kulit kentang, pati singkong, pati biji nangka, pati biji mangga, pati biji cempedak dan pati biji alpukat [3, 4, 5, 6]. Pada penelitian ini digunakan biji durian. Biji durian dapat dijadikan sumber pati yang sangat potensial karena mengandung kandungan pati sebesar 66,49%. Menurut Badan Pusat Statistik, produksi buah durian pada tahun 2023 sebesar 1,85 juta ton, yang menghasilkan biji durian sebanyak 444.000 ton [3]. Selain melimpah, biji durian juga mudah didapat dan murah sehingga dapat berpotensi sebagai sumber pati pada bioplastik.

Bioplastik dari pati biasanya memiliki sifat mekanik yang kurang bagus, karena elastisitas yang rendah dan kekuatan mekanik yang kurang baik. Pati ditambahkan *plasticizer* untuk meningkatkan karakteristiknya seperti gliserol yang bersifat hidrofobik atau tahan air. Penambahan gliserol dalam bioplastik ialah untuk mencegah keretakan bioplastik [7]. Penggunaan gliserol memberikan kelarutan yang lebih tinggi pada bioplastik dibandingkan dengan sorbitol. Bioplastik dengan *plasticizer* gliserol memiliki permukaan yang halus dan rongga yang kecil. Gliserol merupakan bahan yang murah, sumbernya mudah diperoleh, dapat diperbaharui dan juga mudah terdegradasi oleh alam [2]. Gliserol merupakan *plasticizer* yang memberikan sifat fleksibilitas pada bioplastik [8].

Dalam meningkatkan kekuatan mekaniknya dapat ditambahkan penguat/pengisi. Selulosa merupakan penguat alami, yang dapat diperoleh dari serat alami. Serat alami telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang khususnya sebagai penguat/pengisi dalam bioplastik, karena memiliki banyak keuntungan yaitu, mudah didapat, murah, dapat meningkatkan kekuatan mekanik serta densitas yang rendah [9, 10]. Selulosa sebagai polimer alami dapat digunakan sebagai bahan penguat/pengisi dalam pembuatan bioplastik untuk meningkatkan sifat mekanik bioplastik. Selulosa adalah polimer alam dengan jumlah yang melimpah berkisar  $1,5 \times 10^{12}$  ton dari biomassa tahunan [11]. Selulosa secara melimpah dapat diperoleh dari biomassa limbah hasil pertanian, salah satunya ampas tebu.

Serat ampas tebu merupakan limbah organik yang banyak dihasilkan oleh pabrik-pabrik pengolahan gula tebu di Indonesia. Serat ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi selain merupakan hasil limbah pabrik gula tebu, serat ini juga mudah didapat, murah, tidak membahayakan kesehatan, dapat terdegradasi secara alami atau yang biasa disebut dengan proses *biodegradable* sehingga nantinya dengan pemanfaatan sebagai serat penguat komposit mampu mengatasi permasalahan lingkungan terutama penggunaan plastik sintetik [12]. Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk menghasilkan bioplastik yang memanfaatkan limbah tumbuhan serta pengisi untuk meningkatkan sifat fisis, mekanis serta kemampuan biodegradasi bioplastik yang dihasilkan. Pemanfaatan bahan alami sebagai sumber bahan baku bioplastik telah dilaporkan, serta pengisi pada bioplastik dapat meningkatkan sifat mekanik, sifat fisik dan kemampuan degradasi bioplastik. Nurwidiyani *et al.* (2022) melaporkan bioplastik berbasis pati biji durian dengan pengisi selulosa sabut kelapa peningkatan kuat tarik bioplastik yaitu berkisar 1,25-7,28 MPa seiring bertambahnya jumlah pengisi [13]. Fadilla *et al.* (2023) melaporkan pengisi selulosa ampas tebu pada bioplastik berbasis pati kulit singkong, seiring bertambahnya jumlah pengisi, nilai kuat tarik meningkat yaitu 2,74-4,78 MPa [14]. Muhammad *et al.* (2020) melaporkan bioplastik berbasis pati biji alpukat dan pengisi kitosan menghasilkan nilai kuat tarik yang semakin meningkat seiring bertambahnya pengisi yaitu 1-3 MPa [15]. Santoso *et al.* (2029) melaporkan bioplastik berbasis pati biji cempedak dengan pengisi kitosan meningkatkan daya serap air yaitu 2,69-23,94% seiring bertambahnya pengisi [5]. Haryati *et al.* (2017) melaporkan bioplastik berbasis pati biji durian dengan pengisi  $\text{CaCO}_3$  menghasilkan nilai kuat tarik meningkat seiring bertambahnya jumlah pengisi yaitu 0,22-0,7 MPa [4].

Sejauh ini penelitian mengenai sintesis bioplastik berbasis pati biji durian dengan pengisi selulosa ampas tebu dengan ukuran partikel 0,3-0,4  $\mu\text{m}$ , serta uji biodegradasi dengan metode *soil burial test* dan *open-air test* belum banyak dilaporkan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh variasi dari konsentrasi

selulosa ampas tebu dengan penambahan gliserol terhadap bioplastik berbasis pati biji durian yang dihasilkan terkait dengan karakterisasi sifat fisik, sifat kimia serta hasil karakterisasi/uji yang akan dilakukan.

## 2. Metode

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk penyediaan pati biji durian dan isolasi selulosa ampas tebu adalah blender merek Phillips, baskom, pisau, batang pengaduk, talenan, *beaker glass*, dan oven merek Memmert. Alat yang digunakan dalam penyediaan bioplastik adalah neraca analitik, *magnetic stirrer* merek DLab, cetakan bioplastik, dan *beaker glass*. Bahan yang digunakan untuk penyediaan bioplastik adalah biji durian dan ampas tebu diperoleh dari penjual di daerah Perbaungan, air kapur 1%, aquades, kain saring, NaOH 15% (Merck), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% (Merck), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 40% (Merck), kertas pH universal, aluminium foil, dan gliserol. Alat karakterisasi terdiri dari PSA merek Fritsch Analysette 22, XRD spesifikasi Rigaku Miniflex, FTIR merek Shimadzu IR-Spirit, SEM merek Hitachi, dan UTM merek Tensilon.

### Prosedur Penyediaan Pati Biji Durian

Penyediaan pati biji durian diawali dengan biji durian dikupas dari kulit arinya dan dipotong tipis-tipis dengan ketebalan  $\pm 2$  mm, lalu dicuci dengan air mengalir sampai getah berkurang. Selanjutnya biji durian direndam dengan air kapur 1% selama semalam untuk menghilangkan sisa getah. Kemudian biji durian dicuci kembali dan dijemur selama 8 jam. Biji durian yang telah dijemur, kemudian dihaluskan dengan perbandingan aquades 1:5 (m/v). Campuran kemudian disaring menggunakan kain saring untuk memisahkan ampas dan filtrat (suspensi pati). Suspensi yang dihasilkan didiamkan selama 24-48 jam hingga pati biji durian mengendap sempurna. Endapan kemudian dipisahkan dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 50°C selama 24 jam untuk mendapat pati biji durian [13].

### Prosedur Isolasi Selulosa Ampas Tebu

Proses isolasi selulosa ampas tebu ini dimulai dengan memotong ampas tebu dengan ukuran  $\pm 1$  cm. Ampas tebu kemudian dicuci dengan air hingga bersih dan dibilas dengan aquades. Ampas tebu kemudian dijemur di bawah sinar matahari hingga kering. Ampas tebu yang telah kering, dihaluskan dengan blender. Hasil blender dimasukkan ke dalam *beaker glass* lalu ditambahkan NaOH 15% dengan perbandingan 1:20 (m/v), dipanaskan dengan suhu 80°C selama 2 jam. Larutan disaring dengan kertas saring, endapan yang diperoleh dicuci hingga bersih, keringkan pada suhu 100°C. Selanjutnya ampas tebu ditambahkan NaOH 15% dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% masing-masing dengan perbandingan 1:7 (m/v), dipanaskan dengan suhu 80°C selama 1 jam. Lalu endapan dicuci dengan aquades hingga netral. Selulosa ampas tebu dihidrolisis menggunakan asam sulfat 40% sebanyak 1:20 (m/v) pada suhu 45°C selama 1 jam dengan kecepatan putaran 1000 rpm. Suspensi kemudian ditambahkan aquades 3 kali untuk menghentikan reaksi hidrolisis. Larutan dipisahkan dari asam sulfat menggunakan sentrifugasi pada kecepatan 8000 rpm selama 10 menit dan disonikasi selama 30 menit pada suhu 60°C dengan daya 1.500 W. Endapan dilakukan dialisis menggunakan membran dialisis selama 4 hari sambil diaduk. Suspensi yang terbentuk kemudian dikeringkan pada oven selama 24 jam pada suhu 50°C [16, 17].

### Prosedur Penyediaan Bioplastik

Pati biji durian ditimbang sebanyak 5 gram. Selulosa ampas tebu ditimbang dengan variasi (0, 3, 6, 9, 12) % dari berat total bioplastik. Gliserol diukur 30% dari berat total bioplastik. Pati biji durian yang telah ditimbang, ditambahkan aquades 100 mL. Kemudian diaduk hingga homogen. Penambahan gliserol dan selulosa ampas tebu dengan masing-masing perlakuan, lalu dilakukan pengadukan pada *magnetic stirrer* dengan suhu 70°C selama 30 menit. Adonan yang sudah kalis dicetak dengan menggunakan cetakan bioplastik. Selanjutnya dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Bioplastik yang sudah kering diangkat dari cetakan dan dilakukan beberapa analisis yaitu FTIR, SEM, kekuatan tarik, pemanjangan saat putus, densitas, daya serap air dan uji biodegradasi [13, 15].

### Prosedur Analisis Bioplastik

Prosedur dalam analisis *yield* pati biji durian dan selulosa ampas tebu diperoleh dari perbandingan berat bahan baku dan berat akhir dari pati dan selulosa ampas tebu. Analisis ukuran partikel selulosa ampas tebu dengan menggunakan alat PSA. Analisis pola difraksi selulosa ampas tebu dilakukan dengan menggunakan alat XRD. Analisis gugus fungsi bioplastik dilakukan menggunakan alat FTIR. Analisis morfologi permukaan bioplastik menggunakan alat SEM. Analisis densitas bioplastik dengan perbandingan berat bioplastik terhadap selisih volume. Analisis daya serap air bioplastik dilakukan dengan perbandingan bioplastik sebelum dan

sesudah direndam. Analisis kekuatan tarik dan pemanjangan saat putus menggunakan alat UTM. Analisis biodegradasi bioplastik dengan metode *soil burial test* dan *open-air test*, dilakukan dengan pengamatan terhadap kehilangan berat bioplastik selama 21 hari setiap 3 hari dan membandingkan dengan berat awal bioplastik.

### 3. Hasil

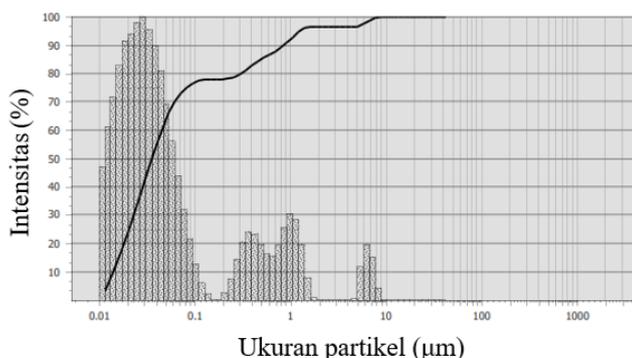
#### **Yield Pati Biji Durian dan Selulosa Ampas Tebu**

Pada penelitian ini, *yield* pati biji durian yang dihasilkan sebesar 16,06%. Hasil *yield* ini lebih tinggi dari beberapa penelitian terdahulu, seperti pati biji cempedak dan pati biji durian yaitu sebesar 10,8% dan 10,95% [5, 13]. *Yield* dari pati dapat dipengaruhi faktor, seperti jumlah pelarut (air), kadar amilosa, kadar amilopektin, tingkat kematangan bahan baku, kondisi proses (suhu, waktu), dan proses penggilingan (penghalusan) [18]. *Yield* dari selulosa ampas tebu yang diperoleh pada penelitian ini adalah 46,36%, hasil ini lebih tinggi dibanding *yield* selulosa ampas tebu yang dihasilkan oleh Fadilla *et al.* (2023) yaitu sebesar 20,86% [14]. Hal ini dapat dipengaruhi oleh konsentrasi asam, jumlah asam dan waktu hidrolisis. Semakin lama waktu hidrolisis asam, maka *yield* yang dihasilkan semakin rendah [19].

#### **Karakterisasi**

##### **Uji Particle Size Analyzer (PSA)**

PSA adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel berukuran nanometer maupun sub mikro. Pengujian ini dilakukan untuk melihat ukuran partikel rata-rata dari tiap formula. PSA dalam menentukan ukuran partikel menggunakan metode LAS (*laser diffraction*), metode basah dan metode kering. PSA memiliki keunggulan dalam penentuan partikel dengan diameter dalam skala nano maupun sub mikro [20, 21]. Pada penelitian ini, hasil uji PSA ditampilkan pada Gambar 1, terlihat hasil menunjukkan rata-rata ukuran partikel dari selulosa ampas tebu yang dihasilkan yaitu 0,38187  $\mu\text{m}$ . Devi dan Priatmoko melaporkan ukuran partikel selulosa yang dihasilkan 0,7728  $\mu\text{m}$ , ukuran partikel ini lebih besar dibandingkan pada penelitian ini [20].

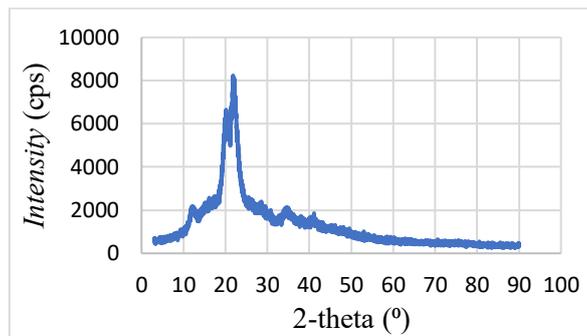


Gambar 1. Distribusi ukuran partikel selulosa ampas tebu menggunakan PSA

##### **Uji X-Ray Diffraction (XRD)**

XRD merupakan salah satu metode karakterisasi material yang paling sering digunakan. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi suatu material serta menentukan sifat kristalin atau kristalinitas berdasarkan fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter kisi. Ketika berkas sinar-X berinteraksi dengan lapisan permukaan kristal, sebagian sinar-X ditransmisikan, diserap, direfleksikan dan sebagian lagi dihamburkan serta didifraksikan. XRD digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai struktur kristal dari selulosa dan nanoselulosa. Proses karakterisasi dilakukan dengan rentang  $2\theta$   $10^{\circ}$ - $55^{\circ}$ . Indeks kristalinitas ( $I_c$ ) selulosa dihitung dengan menggunakan metode Segal [22, 23]. Uji XRD dilakukan pada sampel selulosa ampas tebu untuk mengetahui kristalinitas yang terdapat di dalam selulosa ampas tebu. Area kristalin dapat terdistribusi secara merata pada serat dan terhubung di antara area-area amorf dari serat [23].

Gambar 2 menunjukkan hasil uji XRD terdapat beberapa puncak yang menandakan adanya daerah kristalin pada  $2\theta = 22^{\circ}$  dan amorf pada  $16^{\circ}$ , serta hasil indeks kristalinitas sebesar 71,68%. Hasil yang diperoleh juga hampir mirip dengan selulosa standar yang dilaporkan oleh Sangbara *et al.* (2023), hasil uji XRD selulosa standar memiliki puncak  $15,54^{\circ}$  dan  $22,66^{\circ}$  dengan kristalinitas sebesar 60,29% [24].

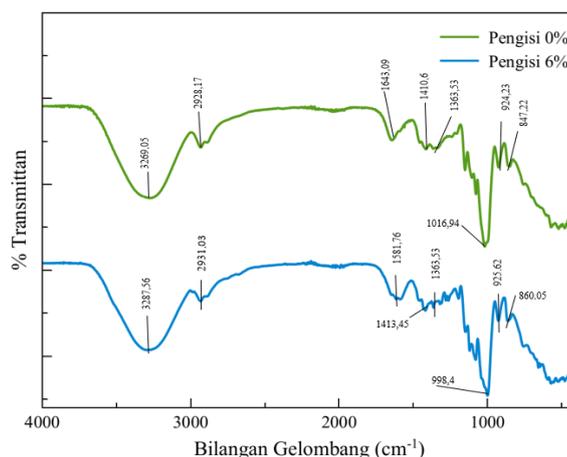


Gambar 2. Spektrum pola difraksi selulosa ampas tebu menggunakan XRD

### Uji *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

*Fourier transform infra red* (FTIR) merupakan karakterisasi yang didasarkan oleh getaran atom atau molekul dengan melewati radiasi inframerah melalui bahan atau sampel dan menghitung energi yang diserap, energi tersebut berkorespondensi dengan frekuensi getaran atom pada bahan. Perbedaan serap bahan inilah yang dimanfaatkan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada suatu sampel [2]. Hasil pengujian FTIR menunjukkan bahwa bioplastik memiliki gugus fungsi yang menunjukkan adanya komposisi pati dan selulosa. Adanya gugus fungsi O-H, C-H, dan C-O-C menunjukkan adanya selulosa. Gugus fungsi O-H, N-H, C-H, C=C, dan C=O menunjukkan adanya pati [22]. Pada penelitian ini, sampel bioplastik yang diuji berpengisi selulosa ampas tebu pada konsentrasi 0% dan 6%.

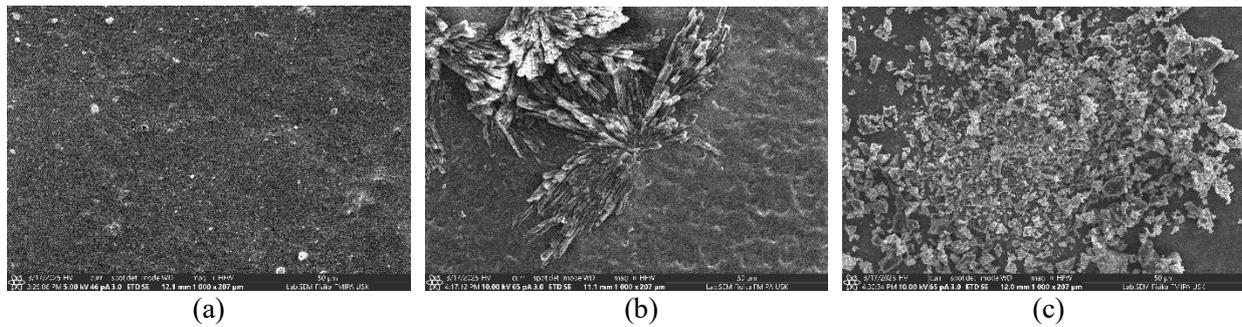
Hasil analisis FTIR bioplastik pada Gambar 3 pengisi 0% menunjukkan adanya gugus O-H pada daerah serapan  $3269,05\text{ cm}^{-1}$  dan C-H pada bilangan gelombang  $2928,17\text{ cm}^{-1}$ , C=C pada  $1643,09\text{ cm}^{-1}$ , C-O pada  $1016,94\text{ cm}^{-1}$ . Gugus fungsi tersebut merupakan gugus utama pati. Gugus fungsi dari pati juga telah dibuktikan oleh penelitian terdahulu seperti Firawansyah, *et al.* (2019) pada penyediaan bioplastik [25]. Pada Gambar 3 pengisi 6%, hasil uji FTIR menunjukkan adanya gugus O-H pada  $3287,56\text{ cm}^{-1}$  dan C-H pada  $2931,03\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan gugus utama pada selulosa dan pati. Gugus fungsi C=C pada  $1581,76\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya kandungan glukosa, di mana glukosa ada pada selulosa dan pati. Gugus C-O pada  $998,4\text{ cm}^{-1}$  yang berfungsi sebagai penghubung rantai karbon dengan senyawa selulosa [26]. Gugus fungsi pada selulosa sebelumnya telah dilaporkan oleh Pangau *et al.* (2017) seperti gugus C-H pada  $2902,55\text{ cm}^{-1}$  dan O-H pada  $3493,61\text{ cm}^{-1}$  dan Nurjannah *et al.* (2020) seperti gugus C-H pada  $2931,80\text{ cm}^{-1}$  dan gugus O-H pada  $3388,93\text{ cm}^{-1}$  [27, 28].



Gambar 3. Spektrum FTIR bioplastik dengan konsentrasi selulosa ampas tebu 0% dan 6%

### Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

*Scanning electron microscopy* (SEM) dilakukan untuk mengetahui struktur permukaan, retakan, kehalusan permukaan hasil bioplastik yang dibuat [2]. SEM merupakan metode untuk membentuk bayangan permukaan sampel secara mikroskopis. Aglomerasi (penumpukan) selulosa dan pati pada titik tertentu dapat mengakibatkan interaksi antara pengisi dan matriks melemah sehingga nilai kuat tarik suatu plastik juga akan mengalami penurunan [22]. Gambar 4 menampilkan morfologi bioplastik dengan perbesaran 1000 kali.



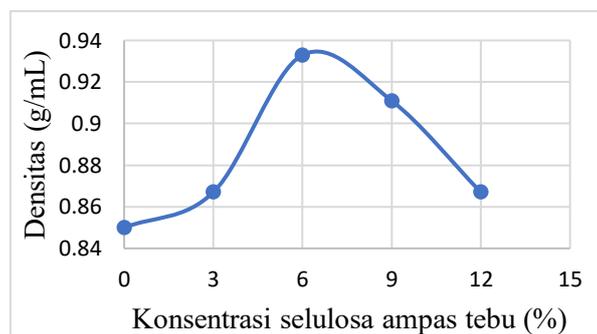
Gambar 4. Morfologi bioplastik dengan konsentrasi selulosa ampas tebu: (a) 0%; (b) 6%; (c) 12%

Gambar 4 (a) menunjukkan permukaan lebih halus, lebih rata dan tidak berongga. Pada Gambar 4 (b) dan Gambar 4 (c) menunjukkan permukaan bioplastik yang kasar, tidak rata, terlihat penumpukan (aglomerasi) selulosa pada bagian tertentu, aglomerasi ini disebabkan tidak meratanya persebaran pengisi serta peningkatan konsentrasi selulosa menyebabkan terjadi aglomerasi. Pada penelitian Fadilla *et al.* (2023) menyatakan sifat selulosa yang tidak larut dalam air sehingga menghasilkan permukaan yang kurang homogen [14].

### Densitas

Densitas atau kerapatan merupakan sifat fisik suatu polimer. Densitas sangat penting karena menunjukkan kerapatan antar komponen penyusun bioplastik. Semakin rapat suatu bahan, maka sifat mekaniknya akan semakin baik, sehingga bioplastik yang dihasilkan mempunyai kekuatan tarik (*tensile strength*) yang baik [29, 30].

Berdasarkan Gambar 5, densitas bioplastik yang dihasilkan berkisar 0,85-0,933 g/mL. Densitas tertinggi sebesar 0,933 g/mL pada sampel konsentrasi selulosa 6%, yang menunjukkan sampel tersebut memiliki kuat tarik terbaik. Densitas terendah sebesar 0,85 g/mL pada sampel 0%. Densitas yang rendah menandakan bahwa plastik memiliki struktur terbuka, yaitu mudah atau dapat ditembus fluida seperti air, oksigen, karbondioksida. Selain itu, peningkatan pengisi dapat merusak ikatan antara matriks dengan pengisi, serta densitas bahan baku yang berbeda dapat mempengaruhi densitas bioplastik. Densitas sampel 6% sampel dan sampel 9% sebesar 0,933 g/mL dan 0,911 g/mL telah memenuhi nilai densitas standar LDPE komersil yaitu 0,91-0,925 g/mL [30, 31].

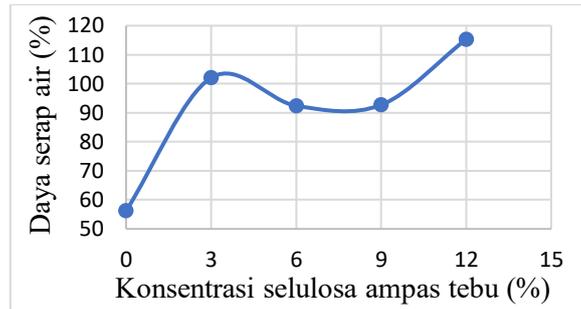


Gambar 5. Pengaruh konsentrasi selulosa ampas tebu terhadap densitas bioplastik

### Daya Serap Air

Uji daya serap air bertujuan untuk mengetahui terjadinya hubungan pada polimer serta keseimbangan ikatan pada polimer yang dapat ditentukan melalui presentase penambahan berat plastik setelah mengalami pengembunan [30]. Gambar 6 menunjukkan hasil uji daya serap air berkisar 56,23-115,35%. Daya serap air terendah 56,23% dihasilkan oleh sampel konsentrasi selulosa ampas tebu 0% dan daya serap air tertinggi sebesar 115,35% yang dihasilkan dari sampel 12%. Berdasarkan Gambar. 6, daya serap air bioplastik dari pengisi 0% ke 3% mengalami peningkatan, lalu menurun pada pengisi 6%, kemudian meningkat kembali pada pengisi 9% dan 12%. Daya serap air bioplastik meningkat seiring bertambahnya konsentrasi selulosa ampas tebu. Hal ini dikarenakan selulosa yang bersifat hidrofilik, ikatan hidrogen dalam selulosa cenderung

membentuk ikatan hidrogen intramolekul termasuk dengan air, sehingga cenderung meningkatkan daya serap air, serta penambahan selulosa ampas tebu yang berlebihan menyebabkan penyebaran selulosa ampas tebu yang tidak merata dan menumpuk sehingga meregangkan OH dan memudahkan perpindahan air ke dalam bioplastik sehingga kemampuan penyerapan air bioplastik meningkat [19], [32].



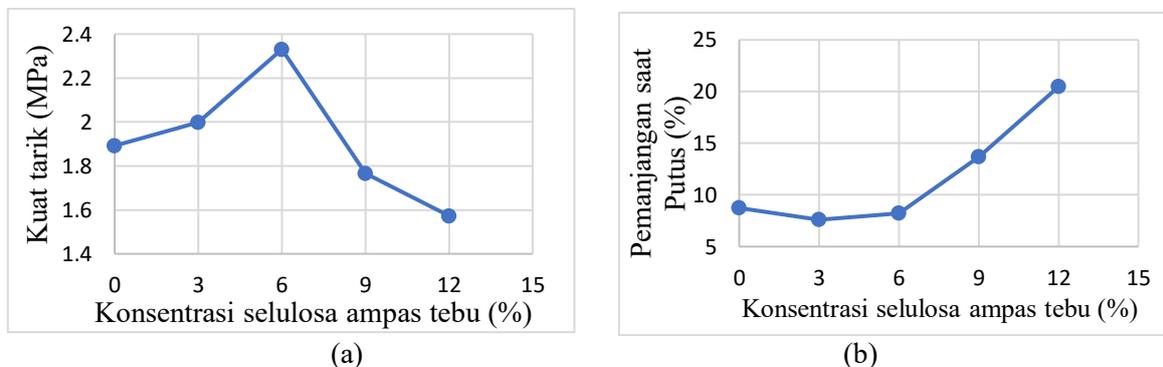
Gambar 6. Pengaruh konsentrasi selulosa ampas tebu terhadap daya serap air bioplastik

### Kuat Tarik dan Elongasi

Uji kuat tarik dilakukan untuk melihat sifat mekanik dari bioplastik. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan suatu bahan terhadap pembebanan pada titik lentur dan juga untuk mengetahui keelastisitasan suatu bahan [4]. Elongasi adalah perpanjangan saat putus (*elongation of break*). Perpanjangan didefinisikan sebagai persentase perubahan panjang plastik pada saat ditarik sampai putus.

Pada penelitian ini, Gambar 7 (a) menunjukkan hasil uji kuat tarik bioplastik yang berkisar 1,573-2,331 MPa. Nilai kuat tarik tertinggi sebesar 2,331 MPa pada sampel 6%, dan terendah pada sampel 12%. Pada Gambar 7 (a), terlihat bahwasannya terjadi peningkatan nilai kuat tarik dari pengisi 0% sampai 6%, meningkatnya konsentrasi selulosa ampas tebu, nilai kuat tarik juga semakin meningkat. Hal ini dipengaruhi densitas atau kerapatan pada bioplastik, kerapatan yang semakin tinggi akan meningkatkan kuat tarik. Terlihat pada Gambar 7 (a), nilai kuat tarik pada konsentrasi pengisi 9% dan 12% mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena dispersi selulosa dalam bioplastik yang tidak merata seiring meningkatnya konsentrasi selulosa yang ditambahkan, sehingga struktur bioplastik menjadi kurang elastis dan mudah putus [13].

Hasil elongasi bioplastik dapat dilihat pada Gambar 7 (b), yang menunjukkan nilai elongasi bioplastik berkisar 7,6-13,7%. Nilai elongasi tertinggi berada pada sampel 12% dan elongasi terendah pada sampel 3%. Terlihat bahwasannya nilai elongasi meningkat seiring dengan konsentrasi selulosa ampas tebu yang meningkat. Peningkatan jumlah pengisi dapat mengurangi ikatan hidrogen yang terjadi, serta menurunkan interaksi pati dan selulosa. Hal ini sesuai dengan penelitian Amri *et al.* (2019) pada pembuatan bioplastik dengan pengisi selulosa serat daun nanas, yang menunjukkan semakin meningkat komposisi selulosa, meningkatkan nilai elongasi dari bioplastik [33].



Gambar 7. Pengaruh konsentrasi selulosa ampas tebu terhadap (a) Kuat tarik bioplastik; (b) pemanjangan saat putus bioplastik

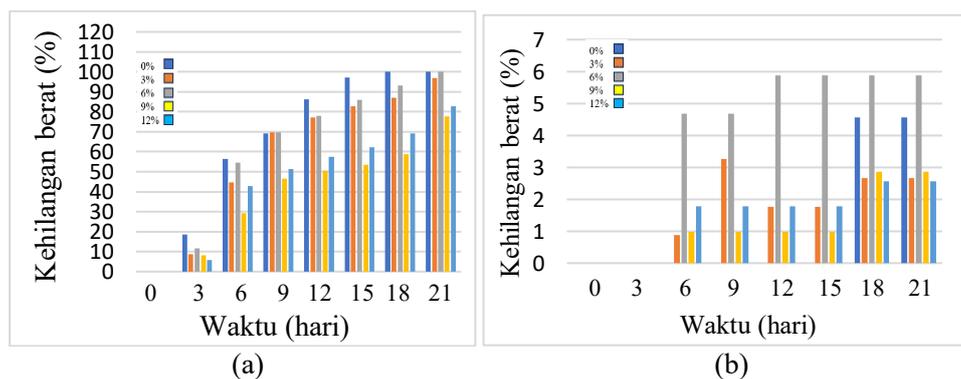
### Biodegradasi

Tahap utama degradasi adalah pemutusan rantai utama membentuk fragmen-fragmen dengan berat molekul rendah (oligomer) yang dapat diasimilasi oleh mikroba. Berdasarkan uraian tersebut, dapat dilihat degradasi

secara penanaman lebih cepat karena semua faktor yang memicu terjadinya degradasi terdapat di lingkungan luar. Penurunan massa spesimen komposit bioplastik sejalan dengan lamanya waktu penanaman [32]. Uji biodegradasi merupakan uji yang paling penting dalam menentukan waktu terurainya plastik. Plastik konvensional sudah terbukti terurai dalam waktu sangat lama berkisar ratusan tahun [34]. Metode yang digunakan pada penelitian ini untuk uji tingkat biodegradasi adalah *soil burial test* yaitu dengan mengontakkan langsung bioplastik dengan tanah dan *open-air test* yaitu membiarkan bioplastik berada di lingkungan terbuka [33, 35, 36].

Pada penelitian ini, sampel di tanam dalam tanah dan dibiarkan pada udara terbuka selama 21 hari dengan pengamatan 3 hari sekali. Hasil uji biodegradasi bioplastik dapat dilihat pada Gambar 8, yang menunjukkan kehilangan berat bioplastik yang diamati setiap 3 hari sekali. Pada Gambar 8 (a) menunjukkan uji biodegradasi bioplastik dengan metode *soil burial test*. Penguraian bioplastik di dalam tanah sudah dapat dilihat setelah 3 hari pertama, yang menunjukkan setiap sampel bioplastik mengalami kehilangan berat. Bioplastik dengan konsentrasi selulosa 0% terurai paling cepat yaitu 100% dalam 18 hari. Hal ini disebabkan sampel hanya mengandung pati dan gliserol. Gliserol bersifat hidrofilik, sehingga dapat mempercepat penyerapan air yang memungkinkan mikroorganisme dapat mendegradasi bioplastik lebih cepat [4]. Bioplastik 6% terdegradasi sempurna pada hari ke-21, sedangkan bioplastik 9% dan 12% belum terdegradasi sempurna pada hari ke-21. Pengisi 3% yang lebih lama terdegradasi dibanding pengisi 0%, pengisi 9% yang lebih lama terdegradasi dibanding pengisi 6%. Bioplastik dengan bahan pengisi selulosa tahan terhadap peruraian secara enzimatis dan berlangsung lambat. Hal ini disebabkan molekul-molekul selulosa merupakan mikrofibril dari glukosa dengan rantai linier yang berbentuk kristal terbungkus lignin, sehingga sifat dasar selulosa itu kuat, keras, dan getas. Semakin besar konsentrasi selulosa, tingkat laju penguraian semakin lama [8].

Pada Gambar 8 (b) menunjukkan hasil uji biodegradasi bioplastik dengan metode *open-air test*, terlihat bahwa semua sampel bioplastik tidak mengalami penguraian yang signifikan selama 21 hari. Beberapa sampel bioplastik mulai mengalami kehilangan berat pada hari ke-6, dan beberapa yang lain mengalami kehilangan berat pada hari ke-18. Kehilangan berat setelah 21 hari yang terjadi pada setiap sampel berkisar 2,56-5,87%, nilai kehilangan berat ini sangat jauh dibanding dengan metode *soil burial test*, di mana sampel 6% memiliki nilai kehilangan berat terbesar yaitu 5,87% dan kehilangan berat terendah sebesar 2,56% pada sampel 12%. Hal ini disebabkan di udara, kandungan mikroorganisme yang sedikit dan kelembaban yang lebih sedikit dibanding dengan di dalam tanah [35, 36].



Gambar 8. Pengaruh konsentrasi selulosa ampas tebu terhadap kemampuan degradasi bioplastik: (a) *soil burial test*; (b) *open-air test*

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penambahan pengisi selulosa ampas tebu dalam penyediaan bioplastik dari pati biji durian dengan *plasticizer* gliserol dapat meningkatkan kuat tarik, elongasi, daya serap air, dan densitas bioplastik. Namun pada konsentrasi yang lebih tinggi, penambahan selulosa ampas tebu dapat menurunkan nilai kuat tarik dan densitas bioplastik. Bioplastik terbaik diperoleh dengan penambahan konsentrasi selulosa ampas tebu 6%, dengan nilai kuat tarik 2,331 MPa, elongasi 8,193%, densitas 0,933 g/mL, daya serap air 92,43%, dan terdegradasi 100% di hari ke-21 pada metode *soil burial test*. Saran pada penelitian selanjutnya, peneliti dapat melakukan variasi ukuran partikel selulosa dan rasio antara pati dan gliserol terhadap pengaruhnya pada karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Serta penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan di bidang material dari bahan baku limbah menjadi bioplastik.

## 5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi atas pendanaan yang diberikan melalui Penelitian Dasar - Penelitian Tesis Magister 2024.

## 6. Konflik Kepentingan

Semua penulis tidak memiliki konflik kepentingan (*conflict of interest*) pada publikasi artikel ini.

## Daftar Pustaka

- [1] F. Nurlaila dan Y. S. Purnomo, “Pemanfaatan limbah kulit kentang sebagai pengisi (*filler*) pembuatan plastik *biodegradable*,” *Enviroous*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2023.
- [2] A. V. Samrot *et al.*, “Waste-derived cellulosic fibers and their applications,” *Adv. Mater. Sci. Eng.*, vol. 2022, no. 1, pp. 23–27, 2022.
- [3] A. P. M. Silva, A. V. Oliveira, S. M. A. Pontes, A. L. S. Pereira, M. d. s. M. S. Filho, M. F. Rosa, dan H. M. C. Azeredo, “Mango kernel starch films as affected by starch nanocrystals and cellulose nanocrystals,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 211, no. November 2018, pp. 209–216, 2019.
- [4] S. Haryati, A. S. Rini, dan Y. Safitri, “Pemanfaatan biji durian sebagai bahan baku plastik *biodegradable* dengan plasticizer giserol dan bahan pengisi  $\text{CaCO}_3$ ,” *Chem. Eng. J.*, vol. 23, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [5] A. Santoso, W. Ambalinggi, dan H. Niawanti, “Pengaruh rasio pati dan kitosan terhadap sifat fisik bioplastik dari pati biji cempedak (*Artocarpus champeden*),” *J. Chemurg.*, vol. 3, no. 2, p. 8, 2019.
- [6] Y. Zalfiatri, R. Rozikhin, dan F. H. Hamzah, “Pembuatan plastik *biodegradable* dari pati biji durian dan pati biji nangka,” *Chempublish J.*, vol. 5, no. 2, pp. 151–165, 2021.
- [7] S. Keiser dan P. G. Tortora, “Biodegradable,” *Fairchild Books Dict. Fash.*, vol. 2, no. 2252, pp. 13–13, 2022.
- [8] I. Sulastri, S. Suryati, A. Azhari, S. Sulhatun, dan S. Bahri, “Pembuatan bioplastik dari tepung pati ubi jalar (*Ipomoea batatas*) dengan pengaruh penambahan ampas tebu (*Saccharum officinarum*) dan gliserol,” *Chem. Eng. J. Storage*, vol. 3, no. 4, p. 481, 2023.
- [9] Maulida, M. Siagian, dan P. Tarigan, “Production of starch based bioplastic from cassava peel reinforced with microcrystalline cellulose avicel PH101 using sorbitol as plasticizer,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 710, no. 1, 2016.
- [10] A. Campos, A. R. Sena Neto, V. B. Rodrigues, B. R. Luchesi, L. H. C. Mattoso, dan J. M. Marconcini, “Effect of raw and chemically treated oil palm mesocarp fibers on thermoplastic cassava starch properties,” *Ind. Crops Prod.*, vol. 124, no. June, pp. 149–154, 2018.
- [11] D. B. Effendi, N. H. R. Rosyid, A. B. D. Nandiyanto, dan A. Mudzakir, “Review : Sintesis Nanoselulosa,” *J. Integr. proses*, vol. 5, no. 2, pp. 61–74, 2015.
- [12] A. Prihatno, “Analisa Pengaruh Letak Susunan Serat Ampas Tebu (*Baggase*) Terhadap Kekuatan Tarik Menggunakan Epoxy,” *J. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 3, p. 173, 2020.
- [13] R. Nurwidiyani, Ghufira, Nesbah, dan Deni Agus Triawan, “Sintesis bioplastik ramah lingkungan berbasis pati biji durian dengan *filler* selulosa sabut kelapa,” *KOVALEN J. Ris. Kim.*, vol. 8, no. 1, pp. 32–38, 2022.
- [14] A. Fadilla, V. Amalia, dan I. Ryski Wahyuni, “Pengaruh selulosa ampas tebu (*Saccharum officinarum*) sebagai zat pengisi plastik *biodegradable* berbasis pati kulit singkong (*Manihot fsculenta*),” *Gunung Djati Conf. Ser.*, vol. 34, pp. 69–80, 2023.
- [15] M. Muhammad, R. Ridara, dan M. Masrullita, “Sintesis bioplastik dari pati biji alpukat dengan bahan pengisi kitosan,” *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 9, no. 2, p. 1, 2021.
- [16] E. Kustiyah, D. Novitasari, L. A. Wardani, H. Hasaya, And M. Widiatoro, “Pemanfaatan limbah ampas tebu untuk pembuatan plastik *biodegradable* dengan metode *melt intercalation*,” *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 24, no. 2, pp. 300–306, 2023.
- [17] S. Sunardi dan A. R. Maulana, “Sintesis dan karakterisasi edible film dari gelatin dengan penguat nanoselulosa dari pelepah sagu,” *Walisongo J. Chem.*, vol. 4, no. 1, pp. 8–16, 2021.
- [18] R. Sutamihardja, N. Yuliani, H. Laelasari, dan D. Susanty, “Hidrolisis asam pada tepung pati ubi jalar putih (*Ipomoea batatas L.*) dalam pembuatan gula cair,” *J. Sains Nat.*, vol. 6, no. 2, p. 77, 2018.
- [19] M. S. Anjarwati, A. Meidinariasty, dan M. Yerizam, “Sintesis selulosa asetat dari ampas tebu sebagai bahan baku *biodegradable foam*,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 4, pp. 7160–7167, 2023.
- [20] I. M. Devi dan S. Priatmoko, “Indonesian journal of chemical science synthesis and characterization of banana hump waste-based bioplastic with the addition of banana pseudostem nanocellulose and glycerol,” *Indones. Inst. Sci.*, vol. 13, no. 1, pp. 13–22, 2024.
- [21] L. Segal, J. J. Creely, A. E. Martin, dan C. M. Conrad, “An empirical method for estimating the degree

- of crystallinity of native cellulose using the x-ray diffractometer,” *Text. Res. J.*, vol. 29, no. 10, pp. 786–794, 1959.
- [22] A. T. Daeng Pine dan N. H. Base, “Uji karakteristik dan sifat mekanik plastik *biodegradable* dari batang pisang (*Musa paradisiaca*) dengan variasi konsentrasi selulosa,” *Media Farm.*, vol. 17, no. 2, p. 116, 2021.
- [23] A. R. Nafisah, D. Rahmawati, dan F. M. Tarmidzi, “Synthesis of cellulose nanofiber from palm oil empty fruit bunches using acid hydrolysis methode,” *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 11, no. 3, pp. 233–240, 2022.
- [24] E. T. Sangbara, H. P. L. Tampubolon, F. Mandalurang, M. C. Muaja, R. Pairunan, dan A. D. Wuntu, “Isolasi nanoselulosa pelepah aren (*Arenga pinnata Merr.*) untuk menurunkan kandungan sianida dalam limbah tambang emas rakyat Sulawesi Utara,” *Chem. Prog.*, vol. 16, no. 2, pp. 96–105, 2023.
- [25] Firawansyah, M. Hasan, dan L. Hanum, “Analisis bioplastik dari pati beras hitam (*Oryza sativa L. indica*) - kitosan menggunakan pemlastis *refined bleached deodorized palm oil* (RBDPO) sebagai bahan *edible film*,” *J. Ilm. Mhs. Jur. Pendidik. Kim.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2019.
- [26] B. G. Bhernama, Nurhayati, Surya Adi Saputra, dan Jihan Amalia, “Karakterisasi selulosa dan selulosa asetat dari limbah cangkang biji pala (*Myristica fragransi*) Aceh Selatan,” *J. Ris. Kim.*, vol. 14, no. 1, pp. 81–93, 2023.
- [27] J. R. Pangau, H. F. Sangian, dan B. M. Lumi, “Karakterisasi bahan selulosa dengan iradiasi pretreatment gelombang mikro terhadap serbuk kayu cempaka wasian (*Elmerillia Ovalis*) di Sulawesi Utara,” *J. MIPA*, vol. 6, no. 1, p. 53, 2017.
- [28] N. R. Nurjannah, T. Sudiarti, dan L. Rahmidar, “Sintesis dan karakterisasi selulosa termetilasi sebagai biokomposit hidrogel,” *al-Kimiya*, vol. 7, no. 1, pp. 19–27, 2020.
- [29] A. D. Nugrahanto, A. Kurniawati, dan Y. Erwanto, “Karakteristik fisis bioplastik yang dibuat dari kombinasi pati tapioka dan kasein susu apkir,” *Maj. Kulit, Karet, dan Plast.*, vol. 37, no. 2, p. 103, 2021.
- [30] M. Sari, Tamrin, J. Kaban, dan Z. Alfian, “A novel composite membrane pectin from *Cyclea Barbata* Miers blend with chitosan for accelerated wound healing,” *Polym. Test.*, vol. 99, no. March, p. 107207, 2021.
- [31] A. R. Amalia, R. F. Kumara, dan N. P. Putri, “Manufacturing of bioplastics from cellulose empty fruit bunches waste with addition of glycerol as plasticizer,” *Konversi*, vol. 8, no. 2, pp. 63–68, 2019.
- [32] T. R. Hidayani, E. Pelota, dan D. Nirmala, “Pembuatan dan karakterisasi plastik *biodegradable* dari limbah polipropilena dan pati biji durian dengan penambahan maleat anhidrida sebagai agen pengikat silang,” *J. Kim. dan Kemasan*, vol. 39, no. 1, p. 17, 2017.
- [33] I. Amri, Khairani, dan Irdoni, “Studi karakteristik sintesis bioplastik dari bahan baku ubi kayu (*Starch cassava*) dan serat nanas,” *Chempublish J.*, vol. 4, no. 2, pp. 62–70, 2019.
- [34] I. Safitri, M. Riza, dan S. Syaubari, “Mechanical test of biodegradable plastic made from sago starch and grafting poly(nipam)-chytosan with additional cinnamon oil (*Cinnamomum burmannii*) as antioxidant,” *J. Litbang Ind.*, vol. 6, no. 2, p. 107, 2016.
- [35] J. Liao dan Q. Chen, “Biodegradable plastics in the air and soil environment: Low degradation rate and high microplastics formation,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 418, no. June, p. 126329, 2021.
- [36] I. E. Napper dan R. C. Thompson, “Environmental deterioration of biodegradable, oxo-biodegradable, compostable, and conventional plastic carrier bags in the sea, soil, and open-air over a 3-year period,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 53, no. 9, pp. 4775–4783, 2019.