

## **PENGARUH VARIASI KITOSAN TERHADAP SIFAT FISIK BIOPLASTIK PATI KULIT KENTANG UNTUK APLIKASI KEMASAN MAKANAN BIODEGRADABLE**

**Mochamad Viky Afandy <sup>1)</sup>, Adelliana Asyaun Niqrис <sup>2)</sup>, Putri Dwi Utami <sup>3)</sup>,  
Andoko Andoko <sup>\*1)</sup>**

1) Program Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Malang

2) Program Studi Pendidikan IPA Universitas Negeri Malang

3) Program Studi Kimia Universitas Negeri Malang

E-mail: [andoko.ft@um.ac.id](mailto:andoko.ft@um.ac.id)

### **Abstrak**

*Penelitian ini bertujuan untuk merekayasa serta menganalisis pengaruh variasi kitosan terhadap sifat fisik bioplastik berbasis pati kulit kentang untuk aplikasi kemasan biodegradable. Metode yang digunakan adalah eksperimental deskriptif dengan variasi kitosan (0; 1; 1,5; dan 2) gram dan karakterisasi sifat fisik meliputi uji swelling degree, densitas, dan porositas. Hasil uji swelling degree menunjukkan bahwa nilai tertinggi terdapat pada sampel Ch 0 sebesar 95,91%, sedangkan nilai terendah pada Ch 2 sebesar 62,9%, menandakan peningkatan ketahanan terhadap air seiring peningkatan kadar kitosan. Densitas tertinggi ditemukan pada Ch 0 sebesar 1,32 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan nilai optimal diperoleh pada Ch 1,5 sebesar 1,30 g/cm<sup>3</sup>. Porositas tertinggi tercatat pada Ch 0 sebesar 47,99%, sedangkan nilai terendah terdapat pada Ch 2 sebesar 35,75%. Analisis regresi menunjukkan hubungan linier yang sangat kuat antara densitas dan porositas dengan nilai koefisien determinasi R<sup>2</sup> sebesar 0,97. Peningkatan konsentrasi kitosan terbukti efektif dalam memperbaiki sifat fisik bioplastik, terutama dalam meningkatkan ketahanan terhadap air dan mengurangi porositas, sehingga potensial untuk diaplikasikan sebagai kemasan biodegradable.*

**Kata kunci:** Bioplastik, Kemasan Biodegradable, Kitosan, Pati Kulit Kentang, Sifat Fisik.

### **Pendahuluan**

Plastik konvensional berbasis polimer petrokimia masih banyak digunakan dalam industri pengemasan, namun berdampak buruk terhadap lingkungan akibat sifatnya yang tidak mudah terurai [1]. Selain tidak ramah lingkungan, plastik jenis ini tidak memiliki kemampuan mempertahankan kualitas makanan secara fisik, seperti pengendalian kelembaban dan permeabilitas gas [2]. Hal ini dapat mempercepat degradasi makanan segar, terutama pada sistem pengemasan terbuka yang bergantung pada stabilitas fisik kemasan.

Sebagai alternatif, bioplastik berbasis bahan terbarukan mulai dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan kemasan yang ramah lingkungan. Bioplastik yang ideal untuk aplikasi kemasan makanan harus memiliki beberapa sifat fisik penting, antara lain ketahanan terhadap air (*swelling degree* rendah), struktur padat dan rapat (densitas tinggi), serta tingkat porositas yang rendah untuk mengurangi difusi gas dan kelembaban. Sifat-sifat tersebut tidak hanya menentukan performa fungsional dalam melindungi produk, tetapi juga berperan dalam memperpanjang masa simpan dan menjaga mutu makanan.

Pati kulit kentang merupakan limbah pertanian yang kaya akan polisakarida, dan memiliki struktur fungsional yang memungkinkan pembentukan film plastik melalui proses gelatinisasi dan pengeringan [3]. Namun demikian, bioplastik berbasis pati murni sering kali memiliki kelemahan dalam hal sifat fisik, seperti tingginya daya serap air, densitas rendah, serta struktur berpori yang tidak merata [4].

Untuk memperbaiki sifat fisik tersebut, salah satu pendekatan yang banyak diteliti adalah dengan menambahkan filler alami seperti kitosan. Kitosan berasal dari limbah kulit udang merupakan sumber biomaterial melimpah dan berpotensi tinggi untuk dikembangkan secara berkelanjutan. Kitosan memiliki kemampuan membentuk interaksi molekuler yang kuat dengan gugus hidroksil pada pati melalui ikatan hidrogen, sehingga dapat memperbaiki struktur mikroskopis dan meningkatkan kerapatan material [5]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan

kitosan dalam matriks pati dapat menghasilkan struktur film yang lebih rapat dan homogen, serta meningkatkan sifat mekanik, seperti kekuatan tarik hingga 24,59 MPa [6]. Sifat-sifat tersebut berdampak langsung pada parameter fisik utama seperti porositas, densitas, dan tingkat pengembangan (*swelling degree*).

Meski demikian, eksplorasi terhadap pengaruh variasi konsentrasi kitosan terhadap sifat fisik bioplastik, khususnya yang berbasis limbah pati kulit kentang, masih relatif terbatas [7]. Pemilihan kitosan sebagai variabel bebas didasarkan pada kemampuannya untuk memperkuat interaksi antar molekul dalam matriks pati, sehingga berpotensi memengaruhi berbagai aspek fisik bioplastik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh konsentrasi kitosan terhadap karakteristik fisik bioplastik, khususnya *swelling degree*, densitas, dan porositas. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan material bioplastik fungsional yang lebih stabil secara fisik dan cocok untuk aplikasi kemasan [8].

## Metodologi Penelitian

### Material

Material yang digunakan pada penelitian ini mencakup pati yang diekstraksi dari limbah kulit kentang lokal, partikel kitosan dari kulit udang merk Himedia (CAS 9012-76-4), Kristal Polivinil Alkohol (PVA) merk Himedia (CAS 9002-89-5), Asam Asetat murni (100%) merk Sigma Aldrich Germany (CAS: 64-19-7), dan Gliserol.

### Fabrikasi Bioplastik

Fabrikasi bioplastik terbagi menjadi dua tahap utama seperti divisualisasikan pada Gambar 1. Tahap pertama adalah proses preparasi pati dari limbah kulit kentang dan dilanjutkan dengan sintesis bioplastik. Lebih detail proses fabrikasi bioplastik dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 1. Proses fabrikasi film bioplastik

### Preparasi Pati Kulit Kentang

Kulit kentang terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran permukaan, kemudian dikeringkan secara alami di bawah sinar matahari hingga mencapai kondisi benar-benar kering. Sampel kering digiling menggunakan *grinder* hingga menjadi serbuk halus, kemudian disaring menggunakan ayakan 120 mesh untuk memperoleh partikel dengan ukuran seragam. Proses pemutihan dilakukan dengan merendam serbuk dalam larutan NaOH 15% (v/v) dengan rasio bahan terhadap larutan 1:12 (w/v), kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 240 rpm dan suhu 100°C selama 60 menit. Setelah itu, suspensi dibilas menggunakan akuades hingga pH netral. Selanjutnya, larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebanyak 10% dari total volume ditambahkan, dan campuran diaduk selama 120 menit untuk meningkatkan kemurnian pati. Larutan hasil perlakuan kemudian disaring, dituangkan ke dalam cawan petri, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 8 jam. Serbuk kering yang dihasilkan digiling ulang dan disaring kembali menggunakan ayakan 120 mesh untuk memastikan keseragaman ukuran partikel.

### Sintesis Bioplastik

Proses sintesis bioplastik diawali dengan melarutkan 5 gram PVA ke dalam 100 mL akuades, kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu 80°C hingga larut sepenuhnya. Setelah itu, 1 gram pati kulit kentang dan kitosan (dengan variasi konsentrasi sesuai desain eksperimen) ditambahkan ke dalam larutan tersebut. Asam asetat 10 mL ditambahkan sebagai katalis untuk mempercepat reaksi pembentukan matriks polimer, diikuti dengan penambahan 1 mL gliserol yang berfungsi sebagai *plastisizer*. Campuran diaduk selama 30 menit untuk memastikan homogenitas dan kelarutan sempurna dari seluruh komponen. Larutan homogen kemudian dituangkan ke dalam cawan petri dan dikeringkan dalam oven pada suhu 45°C selama 16 jam hingga terbentuk film bioplastik. Setelah proses pengeringan selesai, film yang terbentuk dilepaskan dan disimpan pada suhu ruang untuk dilakukan proses karakterisasi lebih lanjut. Komposisi formula setiap variasi ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Desain Eksperimen Bioplastik**

Kode Bioplastik	Pati Kulit Kentang (g)	PVA (g)	Kitosan Kulit Udang (g)
Ch 1			1
Ch 1,5	1	5	1,5
Ch 2			2

### Karakterisasi

#### *Swelling Degree*

Metode ini mengacu pada standar ASTM D570, dengan cara merendam sampel bioplastik kering dalam air pada suhu ruang, kemudian ditimbang sebelum dan sesudah perendaman. Nilai *swelling degree* dihitung menggunakan persamaan 1 berikut.

$$\text{Swelling Degree} = \frac{\text{massa basah-massa kering}}{\text{massa kering}} \times 100\% \quad (1)$$

#### Densitas

Metode yang digunakan mengacu pada prinsip perpindahan volume, yaitu dengan membandingkan volume air sebelum dan sesudah penambahan sampel bioplastik. Nilai densitas dihitung menggunakan persamaan 2 berikut.

$$\text{Denistas} = \frac{\text{berat sampel}}{\text{volume akhir} - \text{volume awal}} \quad (2)$$

#### Porositas

Metode yang digunakan melibatkan perbandingan antara berat kering dan berat basah sampel, dikombinasikan dengan data densitas, untuk menghitung volume pori dan volume total. Persentase porositas dihitung berdasarkan selisih massa yang terukur sebelum dan sesudah perendaman menggunakan persamaan 3, 4, dan 5 berikut.

$$\text{Volume pori} = \frac{\text{berat basah} - \text{berat kering}}{1} \quad (3)$$

$$\text{Volume total} = \frac{\text{berat kering}}{\text{denistas}} \quad (4)$$

$$\text{Porositas} = \frac{\text{volume pori}}{\text{volume total}} \times 100\% \quad (5)$$

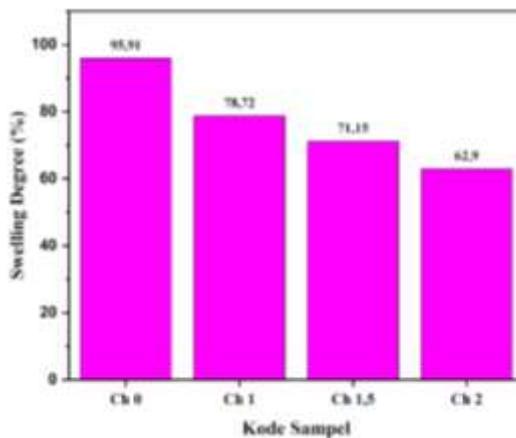
### Hasil dan Pembahasan

#### *Swelling Degree*

Berdasarkan hasil pengujian *swelling degree* pada Gambar 2, bioplastik tanpa penambahan kitosan (Ch 0) menunjukkan nilai tertinggi sebesar 95,91%, sedangkan nilai terendah diperoleh pada sampel Ch 2 dengan konsentrasi kitosan tertinggi, yaitu sebesar 62,9%. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan secara signifikan menurunkan kemampuan bioplastik dalam menyerap air. Hal ini sejalan dengan karakter kitosan yang tidak larut dalam air, sehingga dapat memperkuat struktur matriks bioplastik dan mengurangi difusi air ke dalam jaringan material [9].

Meskipun kitosan mengandung gugus hidroksil (-OH) yang bersifat hidrofilik dan secara teoritis dapat meningkatkan daya serap air, keberadaannya dalam matriks pati justru membentuk ikatan yang memperkuat integritas struktur, sehingga membatasi pengembangan bioplastik saat kontak dengan air [10].

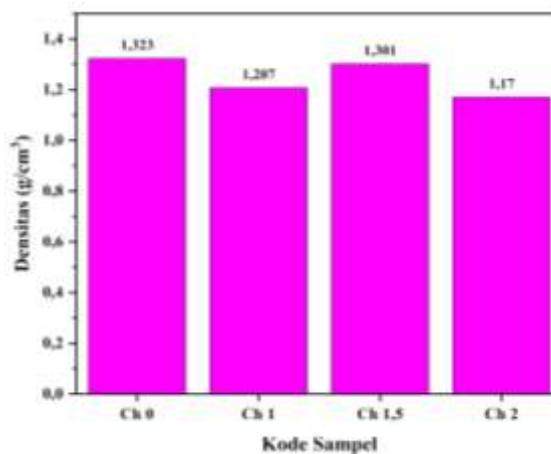
*Swelling degree* menjadi indikator penting untuk menilai ketahanan bioplastik terhadap lingkungan lembap, terutama dalam konteks aplikatif sebagai material kemasan makanan. Nilai *swelling degree* yang rendah, seperti pada sampel Ch 2 (62,9%), mencerminkan struktur matriks yang lebih tahan terhadap penyerapan cairan dan deformasi bentuk akibat kelembaban. Hal ini sangat relevan untuk penggunaan kemasan *biodegradable* yang harus menjaga kestabilan dimensi, mencegah masuknya uap air, dan memperpanjang masa simpan produk pangan. Oleh karena itu, sampel Ch 2 dapat dianggap memiliki performa terbaik dalam aspek ini [11].



Gambar 2. *Swelling degree*

### Densitas

Hasil pengujian densitas pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai densitas tertinggi terdapat pada sampel Ch 0 (tanpa penambahan kitosan) sebesar  $1,323 \text{ g/cm}^3$ , sedangkan penurunan densitas signifikan terjadi pada sampel Ch 2 yang memiliki konsentrasi kitosan tertinggi. Menariknya, nilai densitas meningkat kembali pada sampel Ch 1 dan Ch 1,5, dengan nilai optimum pada Ch 1,5 sebesar  $1,301 \text{ g/cm}^3$ . Densitas merupakan indikator penting dalam menilai kerapatan struktur bioplastik karena berkaitan langsung dengan kemampuannya dalam menghambat difusi gas seperti oksigen, uap air, dan  $\text{CO}_2$  pada kemasan makanan [12]. Semakin tinggi densitas, maka material cenderung memiliki struktur lebih rapat dan permeabilitas yang lebih rendah, namun juga dapat mengurangi laju biodegradasi [13].

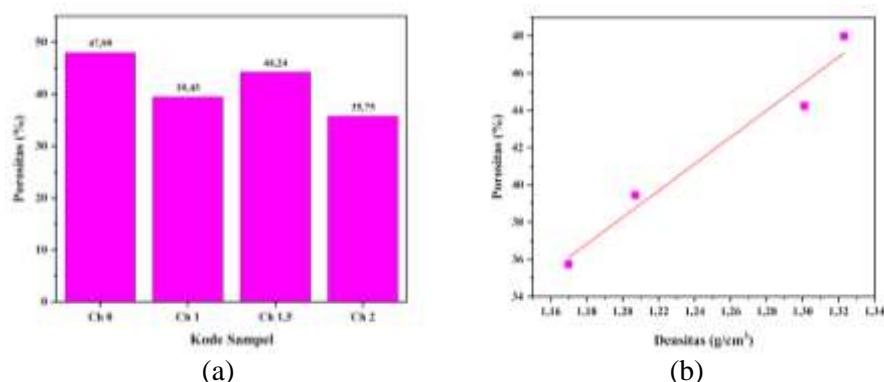


Gambar 3. Densitas

Meskipun Ch 0 menunjukkan densitas paling tinggi, hasil ini tidak sepenuhnya sesuai dengan temuan sebelumnya yang menyatakan bahwa formulasi tanpa kitosan biasanya menghasilkan padatan yang lebih renggang dan densitas lebih rendah [14]. Ketidaksesuaian ini diduga disebabkan oleh terbentuknya gelembung udara akibat proses pencampuran yang kurang homogen, sehingga menyebabkan rongga mikroskopis dalam film bioplastik dan memengaruhi akurasi pengukuran [13].

Dari sudut pandang aplikasi, densitas yang tinggi pada bioplastik menunjukkan kemampuan penghalang (*barrier*) yang lebih baik terhadap gas dan uap air, yang penting dalam menjaga kesegaran makanan dan mencegah kontaminasi dari lingkungan luar. Namun, densitas yang terlalu tinggi juga bisa menghambat proses biodegradasi alami setelah digunakan. Oleh karena itu, nilai densitas optimum pada Ch 1,5 sebesar  $1,301 \text{ g/cm}^3$  menunjukkan keseimbangan antara ketahanan fungsional dan kelayakan biodegradasi, menjadikannya formulasi yang paling potensial untuk diaplikasikan sebagai kemasan makanan *biodegradable*.

### Porositas



Gambar 4. (a) Porositas (b) Perbandingan densitas dengan porositas

Hasil pengujian porositas pada Gambar 4 (a) menunjukkan nilai tertinggi pada sampel Ch 0 sebesar 47,99% dan terendah pada Ch 2 sebesar 35,75%. Penurunan ini menegaskan efektivitas kitosan dalam memperbaiki struktur internal bioplastik dengan mengisi celah antar partikel pati, membentuk matriks lebih rapat dan homogen [15]. Sifat kitosan sebagai pembentuk film dan agen pengikat juga mengurangi ruang kosong dalam jaringan polimer [16]. Fluktuasi pada sampel Ch 1,5 diduga akibat ketidakhomogenan distribusi kitosan saat pencampuran. Konsistensi dengan hasil *swelling degree* dan densitas menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan menghasilkan struktur bioplastik lebih padat, tahan air, serta berpori lebih rendah. Penurunan *swelling degree* menandakan ketahanan terhadap kelembapan, peningkatan densitas memperkuat fungsi penghalang gas, dan rendahnya porositas mendukung kekuatan mekanik serta daya tahan lingkungan.

Analisis regresi linier lebih lanjut seperti ditunjukkan pada Gambar 4 (b), mengidentifikasi hubungan antara densitas dan porositas yang menghasilkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,965, menunjukkan bahwa 96,5% variasi porositas dapat dijelaskan oleh perubahan densitas. Temuan ini memperkuat bahwa densitas dapat digunakan sebagai indikator prediktif yang kuat terhadap tingkat porositas dalam sistem bioplastik. Meskipun secara teoritis peningkatan densitas cenderung berkorelasi negatif dengan porositas, fenomena dalam sistem biopolimer kompleks dapat menunjukkan hubungan positif akibat terbentuknya mikropori atau aglomerasi fase yang meningkatkan densitas namun tetap mempertahankan pori-pori dalam skala tertentu [17].

### Kesimpulan

Variasi konsentrasi kitosan berpengaruh signifikan terhadap sifat fisik bioplastik pati kulit kentang. Penambahan kitosan meningkatkan ketahanan terhadap kelembapan, memperbaiki kerapatan, dan menurunkan porositas. Formulasi Ch 2 menunjukkan performa terbaik, sedangkan Ch 1,5 memiliki keseimbangan densitas optimal. Hubungan kuat antara densitas dan porositas ( $R^2 =$

0,965) menegaskan bahwa pengendalian struktur internal melalui kitosan merupakan strategi efektif untuk menghasilkan bioplastik fungsional yang tangguh, ramah lingkungan, dan bernilai tambah dari limbah lokal.

### Daftar Pustaka

- [1] A. S. Khandeparkar, R. Paul, A. Sridhar, V. V. Lakshmaiah, and P. Nagella, "Eco-friendly innovations in food packaging: A sustainable revolution," *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, vol. 39, 2024, doi: 10.1016/j.scp.2024.101579.
- [2] A. Irimia and C.-M. Popescu, "Bioactive Paper Packaging for Extended Food Shelf Life," *Coatings*, vol. 13, no. 9, p. 1658, Sep. 2023, doi: 10.3390/coatings13091658.
- [3] S. Sinha, "An overview of biopolymer-derived packaging material," *Polymers from Renewable Resources*, vol. 15, no. 2. pp. 193–209, 2024. doi: 10.1177/20412479241226884.
- [4] T. Y. Chaffa, B. T. Meshesha, S. A. Mohammed, and S. A. Jabasingh, "Production, characterization, and optimization of starch-based biodegradable bioplastic from waste potato (*Solanum tuberosum*) peel with the reinforcement of false banana (*Ensete ventricosum*) fiber," *Biomass Conv. Bioref.*, vol. 14, no. 21, pp. 27365–27377, Nov. 2024, doi: 10.1007/s13399-022-03426-9.
- [5] E. R. M. Saleh and S. Utami, "Characteristics of biodegradable plastic from mulu bebe banana peel starch with the addition of chitosan and glycerol plasticizer," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1177, no. 1. 2023. doi: 10.1088/1755-1315/1177/1/012047.
- [6] I. Mutmainna, D. Tahir, P. Lobo Gareso, and S. Ilyas, "Synthesis composite starch-chitosan as biodegradable plastic for food packaging," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1317, no. 1. 2019. doi: 10.1088/1742-6596/1317/1/012053.
- [7] S. Joseph *et al.*, "Biodegradable Plastics from Mango Seed Starch for Sustainable Food Packaging-Effect of Citric Acid and Fillers," *ChemistrySelect*, vol. 9, no. 22. 2024. doi: 10.1002/slct.202401312.
- [8] A. M. M. B. Morais, R. M. S. C. Morais, D. Drew, I. Mustakhimov, and M. Lackner, "Biodegradable Bio-based Plastics Toward Climate Change Mitigation," in *Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation: Third Edition*, vol. 3, 2022, pp. 1987–2030. doi: 10.1007/978-3-030-72579-2\_91.
- [9] L. Marlina, N. T. F. Achmad, and T. Kimia, "Pengaruh Variasi Penambahan Kitosan dan Gliserol Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable Dari Pati Ubi Jalar," vol. 15, no. 2, 2021.

- [10] A. N. C. Saputro and A. L. Ovita, "Synthesis and Characterization of Bioplastic from Chitosan-Ganyong Starch (Canna edulis)," *JKPK*, vol. 2, no. 1, p. 13, May 2017, doi: 10.20961/jkpk.v2i1.8526.
- [11] M. Muhammad, R. Ridara, and M. Masrullita, "Sintesis Bioplastik Dari Pati Biji Alpukat dengan Bahan Pengisi Kitosan," *j. Teknologi Kimia Unimal*, vol. 9, no. 2, pp. 1–11, Feb. 2021, doi: 10.29103/jtku.v9i2.3340.
- [12] N. Timbuleng, O. Naharia, S. P. Gedoan, Y. S. Mokosuli, D. Rahardiyan, and E. M. Moko, "Biodegradasi Bioplastik Berbahan Dasar Pati Daluga (Cyrtosperma merkusii) dengan Cellulose Nano Crystal sebagai Agen Reinforcement sebagai Dasar Pengembangan Food Packaging," *j. sains. teknologi.*, vol. 12, no. 3, Jan. 2024, doi: 10.23887/jstundiksha.v12i3.67917.
- [13] P. Rahayu, S. Agustina, M. Pramesty, R. Rosalina, and D. K. Putri, "Pengaruh Waktu Pengadukan pada Proses Poliblend Poly Lactic Acid dengan Poly Ethylene Glycol-400 Terhadap Viskositas dan Densitas Bioplastik," *CHEESA*, vol. 4, no. 2, p. 100, Dec. 2021, doi: 10.25273/cheesa.v4i2.8945.100-108.
- [14] G. A. Wulandari and T. Kimia, "Variasi Penambahan Kitosan dalam Pembuatan Bioplastik dari Limbah Sekam Padi dan Minyak Jelantah," vol. 15, no. 1, 2021.
- [15] L. N. Putranti and P. S. Nugraheni, "Effect of carboxymethyl cellulose addition on the characteristic of chitosan-based bioplastic," presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2023. doi: 10.1088/1755-1315/1289/1/012038.
- [16] W. Zhang, J. Cao, and W. Jiang, "Analysis of film-forming properties of chitosan with different molecular weights and its adhesion properties with different postharvest fruit surfaces," *Food Chemistry*, vol. 395, p. 133605, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.foodchem.2022.133605.
- [17] R. D. S. Victor, A. M. D. C. Santos, B. V. D. Sousa, G. D. A. Neves, L. N. D. L. Santana, and R. R. Menezes, "A Review on Chitosan's Uses as Biomaterial: Tissue Engineering, Drug Delivery Systems and Cancer Treatment," *Materials*, vol. 13, no. 21, p. 4995, Nov. 2020, doi: 10.3390/ma13214995.