

Pembuatan *Edible Film* Berbasis Tapioka dengan Penambahan Gelatin dan Aplikasinya pada Kemasan Permen Komersial

Production of Tapioca-Based Edible Film with the Addition of Gelatin and Its Application to Commercial Candy Packaging

Afiifah Kaltsum, Umar Kalmar Nizar, Desy Kurniawati

Universitas Negeri Padang
umarkn@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jul 16, 2026	Aug 13, 2026	Aug 25, 2026	Aug 30, 2026

Abstract

Commercial candies are generally packaged using conventional plastics that are difficult to degrade and may cause chemical compounds to migrate into food products. Meanwhile, tapioca has the potential to be developed as a raw material for edible films but is limited by its hydrophilic properties and low mechanical strength. This study aimed to produce a tapioca-based edible film with gelatin added as a structural reinforcement and to evaluate its physical and functional characteristics for commercial candy packaging applications. The edible film was produced by gelatinizing 5 g of tapioca in 100 mL of distilled water with the addition of 7.5 mL of glycerol and gelatin at concentrations of 1%, 2%, and 3% for formulations F1, F2, and F3, respectively, along with a control formulation without gelatin. The films were then cast and dried at 60 °C for 24 h. Characterization included testing moisture content, biodegradability through a seven-day soil burial test, swelling capacity, and functional groups using FTIR spectroscopy. The results showed that the moisture content increased with increasing gelatin concentration, ranging from 11.9% to 15.5%, and all formulations met the maximum threshold of 16% stipulated in SNI

06-3735-1995. The highest biodegradability was obtained for F3 at 81%, exceeding the threshold of more than 60% stipulated in SNI 7188.7:2016. Water absorption capacity also increased with increasing gelatin concentration, from 47.2% in the control formulation to 74.0% in F3. The FTIR spectra revealed amide I bands at 1643–1646 cm^{-1} and amide II bands at 1542–1543 cm^{-1} in all gelatin-containing samples, confirming the successful incorporation of gelatin into the tapioca matrix without disrupting the glycosidic bonds of starch. These findings indicate that the formulation containing 3% gelatin exhibited the highest biodegradability, although it also produced the greatest water absorption capacity. Overall, tapioca–gelatin-based edible films have the potential to be developed as a biodegradable alternative for candy packaging to support the reduction of plastic waste in small- and medium-scale food industries.

Keywords: Edible Film; Tapioca; Gelatin; Biodegradability; Candy Packaging

Abstrak: Permen komersial umumnya dikemas menggunakan plastik konvensional yang sulit terurai dan berisiko menyebabkan migrasi senyawa kimia ke dalam produk pangan. Sementara itu, tapioka berpotensi dikembangkan sebagai bahan baku *edible film*, tetapi memiliki keterbatasan berupa sifat hidrofilik dan kekuatan mekanik yang rendah. Penelitian ini bertujuan menghasilkan *edible film* berbasis tapioka dengan penambahan gelatin sebagai penguat struktur serta mengevaluasi karakteristik fisik dan fungsionalnya untuk aplikasi kemasan permen komersial. *Edible film* dibuat melalui gelatinisasi tapioka sebanyak 5 g dalam 100 mL akuades dengan penambahan 7,5 mL gliserol dan gelatin pada konsentrasi 1%, 2%, dan 3% sebagai formula F1, F2, dan F3, serta formula kontrol tanpa gelatin. Film kemudian dicetak dan dikeringkan pada suhu 60 °C selama 24 jam. Karakterisasi meliputi pengujian kadar air, biodegradabilitas melalui uji penguburan dalam tanah selama tujuh hari, daya kembang, dan gugus fungsi menggunakan spektroskopi FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi gelatin, yaitu 11,9%–15,5%, dan seluruh formula memenuhi ambang batas SNI 06-3735-1995 sebesar maksimal 16%. Biodegradabilitas tertinggi diperoleh pada F3 sebesar 81%, melampaui ambang batas SNI 7188.7:2016 sebesar lebih dari 60%. Daya serap air juga meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi gelatin, dari 47,2% pada formula kontrol menjadi 74,0% pada F3. Spektrum FTIR menunjukkan kemunculan pita amida I pada 1643–1646 cm^{-1} dan amida II pada 1542–1543 cm^{-1} pada seluruh sampel yang mengandung gelatin, yang mengonfirmasi keberhasilan inkorporasi gelatin ke dalam matriks tapioka tanpa merusak ikatan glikosidik pati. Temuan ini menunjukkan bahwa formula dengan gelatin 3% memiliki biodegradabilitas tertinggi, meskipun juga menghasilkan daya serap air terbesar. Secara keseluruhan, *edible film* berbasis tapioka–gelatin berpotensi dikembangkan sebagai alternatif kemasan permen yang mudah terurai secara hayati untuk mendukung pengurangan limbah plastik pada industri pangan skala kecil dan menengah.

Kata Kunci: *Edible Film*; Tapioka; Gelatin; Biodegradabilitas; Kemasan Permen

PENDAHULUAN

Permen merupakan produk pangan olahan berbasis gula yang digemari luas oleh masyarakat, terutama anak-anak (Moniharapon et al., 2016). Sifat higroskopis gula menyebabkan permen mudah lengket dan menurun mutunya bila tidak terlindungi dari uap

air dan kontaminan udara, sehingga kemasan menjadi komponen penting dalam menjaga kualitas produk. Kemasan plastik konvensional yang selama ini digunakan berisiko memindahkan senyawa kimia dari monomer plastik ke dalam produk pangan (Kim et al., 2021) dan menyumbang pencemaran lingkungan karena sulit terurai secara alami dalam waktu singkat (Karuniastuti, 2016). Isu keamanan pangan dan keberlanjutan lingkungan inilah yang mendorong pengembangan kemasan alternatif berbasis bahan organik yang dapat dimakan, dikenal sebagai *Edible film*.

Edible film menawarkan sejumlah keunggulan sebagai pengemas pangan, yaitu kemampuannya menghambat difusi oksigen dan uap air, menekan pembusukan oleh mikroba (Saleh et al., 2017), serta bersifat biodegradable dan aman dikonsumsi bersama produk yang dilapisinya (Rochima et al., 2018). Tapioka menjadi salah satu bahan baku yang potensial karena mudah diperoleh, murah, membentuk larutan jernih, serta memiliki kemampuan pembentukan film yang baik (Basuki et al., 2014). Argumentasi penggunaan tapioka semakin kuat mengingat sifatnya yang transparan, tidak berbau, dan biodegradable, sehingga aman digunakan sebagai kemasan pangan.

Meskipun demikian, penelitian-penelitian sebelumnya terdahulu menunjukkan bahwa *Edible film* berbasis pati tunggal seperti tapioka memiliki kelemahan mendasar, yaitu sifat hidrofilik yang tinggi serta kekuatan mekanik yang rendah sehingga film mudah robek dan kurang elastis (Shabrina, 2017). Untuk mengatasi kesenjangan tersebut, penelitian oleh (Hendra et al., 2015) dan (Jatmiko & Rinaldi, 2022) menunjukkan bahwa penambahan gelatin dapat memperbaiki elastisitas dan kekuatan film pati melalui pembentukan ikatan hidrogen antarmolekul, sementara (Ozcan et al., 2024) melaporkan bahwa gelatin efektif meningkatkan sifat penghalang uap air dan oksigen pada kemasan pangan berbasis produk susu. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih terbatas pada karakterisasi film secara umum dan belum banyak yang secara khusus mengaitkan formulasi tapioka-gelatin dengan aplikasi langsungnya pada kemasan permen komersial, termasuk pengujian gugus fungsi melalui FTIR untuk membuktikan interaksi tapioka-gelatin pada berbagai tingkat konsentrasi.

Kebaruan penelitian ini terletak pada kombinasi formulasi tapioka dan gelatin dalam tiga tingkat konsentrasi (1%, 2%, dan 3%) yang dievaluasi secara komprehensif melalui empat parameter, yaitu kadar air, biodegradabilitas, swelling, dan analisis FTIR, serta diarahkan langsung pada aplikasi kemasan permen komersial. Dasar teori yang melandasi penelitian ini

adalah interaksi antara amilosa-amilopektin tapioka dengan rantai polipeptida gelatin yang membentuk ikatan hidrogen antarmolekul, sehingga meningkatkan kekuatan dan kestabilan struktur film (Alipal et al., 2019). Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana proses pembuatan, karakteristik fisik-fungsional, dan kelayakan *Edible film* tapioka-gelatin sebagai kemasan permen yang ramah lingkungan dan sesuai standar SNI. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui proses pembuatan *Edible film* berbasis tapioka dengan penambahan gelatin yang sesuai untuk kemasan permen komersial, (2) mengetahui karakteristik fisik dan fungsional *Edible film* yang dihasilkan, dan (3) mengevaluasi kelayakan *Edible film* tersebut sebagai alternatif kemasan ramah lingkungan yang dapat dikonsumsi sesuai SNI. Hasil penelitian ini diharapkan memberi kontribusi ilmiah bagi pengembangan kemasan pangan biodegradable serta bermanfaat praktis dalam mengurangi ketergantungan pada plastik konvensional di industri permen skala kecil-menengah.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium yang bertujuan mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi gelatin terhadap karakteristik *Edible film* berbasis tapioka. Desain penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor, yaitu konsentrasi gelatin dengan empat taraf perlakuan: kontrol (0%), F1 (1%), F2 (2%), dan F3 (3%), dengan konsentrasi tapioka (5 g), aquades (100 mL), dan gliserol (7,5 mL) dibuat tetap pada setiap formula. Objek atau sampel penelitian adalah *Edible film* hasil sintesis dari keempat formula tersebut, yang selanjutnya diuji karakteristik fisik dan kimianya

1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi hot plate, oven, beaker glass, wadah plastik, spatula, dan gelas ukur (10 mL dan 50 mL). Bahan yang digunakan terdiri atas tepung tapioka, gliserol, aquades, dan gelatin 1 mL, 2 mL, 3 mL (Saleh et al., 2017). Instrumen pengumpulan data meliputi neraca analitik untuk uji kadar air dan swelling, serta spektrofotometer FTIR untuk analisis gugus fungsi.

2. Pembuatan *Edible film*

Pembuatan *Edible film* diawali dengan melarutkan 5 gram tapioka ke dalam 100 mL aquades, dihomogenkan, dan dipanaskan menggunakan hot plate pada suhu 80°C. Pada menit ke-10 pemanasan, ditambahkan 7,5 mL gliserol, kemudian gelatin ditambahkan variasi konsentrasi 1 mL, 2 mL, dan 3 mL. Kemudian *Edible film* tanpa penambahan gelatin

digunakan sebagai kontrol. Pemanasan dilanjutkan hingga total 20 menit pada suhu 80°C hingga terbentuk gel. Larutan gel selanjutnya dituang ke dalam cetakan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam, didinginkan pada suhu ruang selama 5 menit, kemudian dikelupas (peeling) dan disimpan dalam wadah kedap udara untuk menghindari kerusakan (Saleh et al., 2017).

3. Uji Karakteristik *Edible film*

a. Uji Kadar Air

Cawan penguap dibersihkan dan dipanaskan pada suhu 105°C selama 15 menit timbang kemudian tambahkan *Edible film* dan ditimbang. Pemanasan sampel dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam didinginkan dan ditimbang. Uji kadar air dihitung menggunakan persamaan (1).

$$\text{kadar air (\%)} = \frac{(Bs+BCK)-(BCS+l)}{BS} \times 100\% \dots(1)$$

Keterangan :

BS : Berat sampel

BCK : Berat cawan kosong

BCS : Berat cawan dan sampel setelah dioven (Deden & Rahim, 2020).

b. Uji biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas menggunakan metode soil burial test termodifikasi (Zaghib et al., 2025), *Edible film* dipotong dengan ukuran 4 x 4 cm² dan ditimbang. Selanjutnya dikubur dalam tanah pada kedalaman 4 cm selama 7 hari. Setelah 7 hari, *edible film* dikeluarkan dan ditimbang. Hitung biodegradabilitas menggunakan rumus:

$$\% \text{ Biodegradabilitas} = \frac{\text{berat awal}-\text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \dots(2)$$

c. Uji swelling

Edible film dipotong berukuran 2 x 2 cm dan ditimbang berat awal. Kemudian dimasukkan kedalam wadah yang berisi aquadest 15 ml selama 10 menit. Sampel diangkat dan air di permukaan film dihilangkan dengan tisu, setelah itu dilakukan penimbangan. Penimbangan dan perendaman diulang sampai berat akhir konstan. Selanjutnya ketahanan air dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ swelling} = \frac{\text{perubahan berat}}{\text{berat awal}} \times 100\% \dots(3)$$

(Alfian et al., 2020).

d. Analisis Gugus Fungsi (FTIR)

Analisis gugus fungsi dengan FTIR bertujuan untuk mengetahui proses yang terjadi pada pencampuran apakah secara fisik atau kimia karena itu sampel pada tiap proses pembuatan *Edible film* dianalisis dengan FTIR. Sampel ditempatkan ke dalam set holder, kemudian dicari spektrum yang sesuai. Hasilnya akan didapatkan difraktogram hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas. Spektrum FTIR direkam menggunakan spektrofotometer pada suhu ruang (Barizão et al., 2020).

HASIL

Edible film berhasil dibuat dalam empat formula (kontrol, F1, F2, F3) dengan lapisan yang homogen, mudah dilepas dari cetakan, dan relatif transparan. Karakterisasi dilakukan melalui empat pengujian, yaitu kadar air, biodegradabilitas, swelling, dan analisis FTIR, dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian kadar air Edible film tapioka-gelatin

Sampel	Kadar Air (%)	Ambang SNI 06-3735-1995
Kontrol	11,9	Maks. 16%
F1 (gelatin 1%)	12,8	
F2 (gelatin 2%)	14,7	
F3 (gelatin 3%)	15,5	

Tabel 2. Hasil pengujian biodegradabilitas Edible film tapioka-gelatin

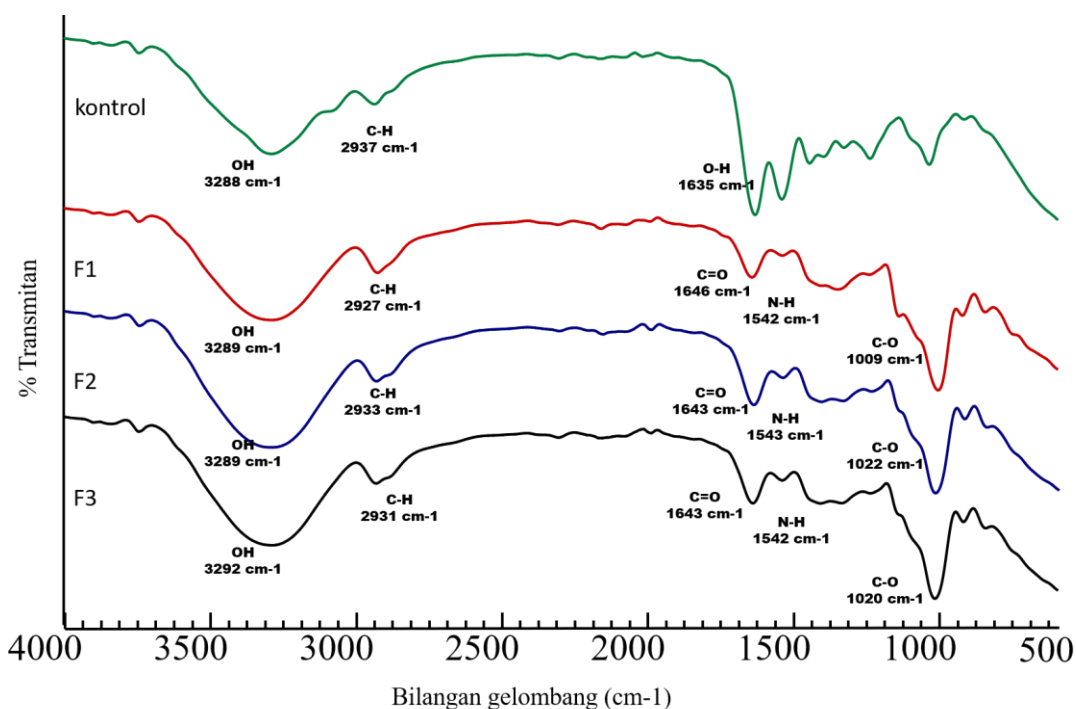
Sampel	Biodegradabilitas (%)	Ambang SNI 7188.7:2016
Kontrol	63	> 60%
F1 (gelatin 1%)	68	
F2 (gelatin 2%)	72	
F3 (gelatin 3%)	81	

Tabel 3. Hasil pengujian swelling (daya serap air) Edible film tapioka-gelatin

Sampel	Swelling (%)
Kontrol	47,2

Sampel	Swelling (%)
F1 (gelatin 1%)	54,5
F2 (gelatin 2%)	68,0
F3 (gelatin 3%)	74,0

Secara umum, Tabel 1, 2 dan 3 menunjukkan pola yang konsisten: kadar air, biodegradabilitas, dan swelling meningkat seiring bertambahnya konsentrasi gelatin, dengan F3 (gelatin 3%) menunjukkan nilai tertinggi pada ketiga parameter tersebut. Temuan yang perlu dicermati adalah nilai kadar air F3 (15,5%) yang mendekati ambang maksimum SNI 06-3735-1995 (16%), sehingga meskipun masih memenuhi standar, formula ini memiliki margin keamanan yang tipis apabila konsentrasi gelatin ditingkatkan lebih lanjut. Selain itu, sampel kontrol tanpa gelatin justru menunjukkan biodegradabilitas terendah (63%) meski tetap di atas ambang SNI, mengindikasikan bahwa gelatin tidak menghambat namun justru mendukung laju biodegradasi.



Gambar 1. Spektrum FTIR *Edible film* kontrol, F1 (gelatin 1%), F2 (gelatin 2%), dan F3 (gelatin 3%)

Hasil analisis FTIR yang ditunjukkan pada gambar 1 memperkuat temuan di atas. Pada kontrol, teramati pita serapan O–H pada 3288 cm^{-1} , C–H alkana pada 2937 cm^{-1} , dan O–H bending pada 1635 cm^{-1} , tanpa pita N–H pada rentang $1640\text{--}1550\text{ cm}^{-1}$ yang menjadi ciri gugus amida. Pada F1, F2, dan F3, muncul pasangan pita khas protein, yaitu amida I

(C=O) pada 1646, 1643, dan 1643 cm^{-1} serta amida II (N-H) pada 1542–1543 cm^{-1} , yang tidak ditemukan pada kontrol. Pita O-H juga bergeser progresif dari 3288 cm^{-1} (kontrol) menjadi 3289 cm^{-1} (F1, F2) dan 3292 cm^{-1} (F3), sementara pita C-O tetap berada pada rentang 1009–1022 cm^{-1} pada seluruh sampel bergelatin, menandakan ikatan glikosidik pati tetap dipertahankan.

PEMBAHASAN

Peningkatan kadar air seiring penambahan gelatin sejalan dengan temuan (Jatmiko & Rinaldi, 2022) yang melaporkan bahwa gugus -OH pada gelatin meningkatkan sifat hidrofilik material meskipun peningkatannya tidak signifikan secara drastis. Gliserol sebagai plasticizer turut berkontribusi terhadap kenaikan kadar air karena sifatnya yang higroskopis. Nilai kadar air seluruh formula (11,9–15,5%) yang masih berada di bawah ambang SNI 06-3735-1995 mengindikasikan bahwa formulasi ini secara umum layak digunakan sebagai kemasan pangan, meskipun F3 memerlukan perhatian khusus karena nilainya mendekati batas atas standar tersebut, konsisten dengan peringatan (Arifin et al., 2021) bahwa penambahan bahan hidrofilik berlebih dapat menurunkan stabilitas film pada penyimpanan jangka panjang. Hasil biodegradabilitas tertinggi pada F3 (81%) sejalan dengan penelitian (Zaghib et al., 2025) dan (Medeiros Silva et al., 2020) yang menunjukkan bahwa film berbasis polisakarida-protein terdegradasi lebih cepat karena gugus hidroksil pada pati berinteraksi dengan gelatin mudah diuraikan mikroorganisme tanah. Temuan ini memperkuat posisi *Edible film* tapioka-gelatin sebagai alternatif kemasan yang benar-benar biodegradable, berbeda dari plastik konvensional yang memerlukan waktu bertahun-tahun untuk terurai (Karuniastuti, 2016).

Peningkatan nilai swelling seiring konsentrasi gelatin sesuai dengan hasil (Castro et al., 2022), yang menjelaskan bahwa peningkatan konsentrasi gelatin memperbanyak pembentukan jembatan hidrogen antara matriks bioplastik dan molekul air. Meskipun demikian, sifat amfifilik gelatin turut memengaruhi kestabilan interaksi tersebut pada konsentrasi tinggi, sebagaimana dicatat pula dalam penelitian ini, sehingga formula dengan gelatin 3% tetap menunjukkan struktur yang lebih padat dan kompatibel untuk aplikasi kemasan yang membutuhkan fleksibilitas tinggi. Data FTIR menjadi bukti pendukung yang paling kuat terhadap keberhasilan inkorporasi gelatin ke dalam matriks tapioka. Kemunculan pita amida I dan amida II secara konsisten pada F1–F3 tetapi tidak pada kontrol membuktikan bahwa peningkatan sifat hidrofilik dan biodegradabilitas bukan disebabkan

oleh kerusakan struktur pati, melainkan oleh interaksi fisik antarmolekul melalui ikatan hidrogen, sebagaimana dijelaskan oleh (Alipal et al., 2019) dan (Noor Armylisas et al., 2024) mengenai karakter gelatin sebagai polipeptida yang kaya gugus N–H dan C=O. Pola pergeseran pita O–H yang progresif terhadap peningkatan konsentrasi gelatin turut mengonfirmasi model interaksi ini. Secara keseluruhan, formula F3 (gelatin 3%) memberikan kombinasi karakteristik terbaik ditinjau dari biodegradabilitas dan indikasi fleksibilitas film, dengan kadar air yang masih memenuhi standar SNI. Temuan ini relevan dengan konteks aplikasinya pada kemasan permen komersial, mengingat permen memerlukan pengemas yang mampu menahan kelembapan sekaligus tetap ramah lingkungan ((Fitriyani, 2025; Mashud et al., 2023)

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan. Pertama, pengujian kekuatan tarik (tensile strength) dan elongasi belum dilakukan, padahal parameter ini penting untuk memastikan kesesuaian film dengan ambang SNI 7818:2014 tentang kekuatan tarik minimum *Edible film* (Widiastuti et al., 2024). Kedua, jumlah ulangan (replikasi) pada setiap pengujian tidak dilaporkan secara eksplisit, sehingga validitas statistik antarformula belum dapat diuji secara inferensial. Ketiga, uji keamanan konsumsi (misalnya uji organoleptik, mikrobiologi, dan toksisitas) belum dilakukan, sehingga klaim edible atau layak dikonsumsi masih bersifat teoretis berdasarkan bahan baku food grade yang digunakan. Keempat, penelitian dilakukan pada skala laboratorium dengan volume kecil, sehingga kelayakannya pada skala produksi industri masih perlu diverifikasi lebih lanjut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses pembuatan *edible film* berbasis tapioka dengan penambahan gelatin dilakukan melalui metode gelatinisasi dan pengeringan, menghasilkan lapisan film yang homogen dan mudah dilepas dari cetakan. Karakteristik fisik dan fungsional *edible film* menunjukkan bahwa penambahan gelatin berpengaruh terhadap peningkatan kadar air dan swelling. Formula dengan 3% gelatin memberikan hasil terbaik dalam hal fleksibilitas dan uji swelling serta tetap memenuhi standar berdasarkan SNI. *Edible film* yang dihasilkan berpotensi menjadi alternatif kemasan ramah lingkungan. Hal ini dibuktikan melalui hasil uji biodegradabilitas (81% terdegradasi dalam 7 hari) dan penggunaan bahan-bahan pangan yang aman serta sesuai prinsip *edible packaging*. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa bukti empiris mengenai hubungan antara

konsentrasi gelatin dengan karakteristik fisik-kimia dan biodegradabilitas *Edible film* tapioka, serta konfirmasi spektroskopik atas mekanisme interaksi tapioka-gelatin melalui ikatan hidrogen. Temuan ini memperkaya basis data formulasi *Edible film* berbasis pati-protein yang dapat diterapkan pada kemasan pangan biodegradable, khususnya kemasan permen komersial, sebagai alternatif pengganti plastik konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, A., Wahyuningtyas, D., & Sukmawati, P. D. (2020). Pembuatan *edible film* dari pati kulit singkong menggunakan *plasticizer* sorbitol dengan asam sitrat sebagai *crosslinking agent* (variasi penambahan karagenan dan penambahan asam sitrat). *Jurnal Inovasi Proses*, 5(2), 46–56. <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/JIP/article/view/3019>
- Alipal, J., Mohd Pu'ad, N. A. S., Lee, T. C., Nayan, N. H. M., Sahari, N., Basri, H., Idris, M. I., & Abdullah, H. Z. (2021). A review of gelatin: Properties, sources, process, applications, and commercialisation. *Materials Today: Proceedings*, 42, 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.922>
- Arifin, M., Handayani, C. B., & Afriyanti. (2021). Pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat fisik dan kimia *edible film* dari selulosa batang jagung. *Journal of Food and Agricultural Product*, 1(1), 5–12. <https://journal.univetbantara.ac.id/index.php/jfap/article/view/833>
- Basuki, E. K., Jariyah, & Hartati, D. D. (2014). Karakteristik *edible film* dari pati ubi jalar dan gliserol. *Jurnal Reka Pangan*, 8(2), 128–135. <https://ejournal.upnjatim.ac.id/index.php/teknologi-pangan/article/view/457>
- Castro, J. I., Navia-Porras, D. P., Cortés, J. A. A., Hernández, J. H. M., & Grande-Tovar, C. D. (2022). Synthesis, characterization, and optimization studies of starch/chicken gelatin composites for food-packaging applications. *Molecules*, 27(7), Article 2264. <https://doi.org/10.3390/molecules27072264>
- de Lima Barizão, C., Crepaldi, M. I., S. Junior, O. de O., de Oliveira, A. C., Martins, A. F., Garcia, P. S., & Bonafé, E. G. (2020). Biodegradable films based on commercial κ -carrageenan and cassava starch to achieve low production costs. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 582–590. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.150>
- Deden, M., Rahim, A., & Asrawaty. (2020). Sifat fisik dan kimia *edible film* pati umbi gadung pada berbagai konsentrasi. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 5(1), 26–33. <https://doi.org/10.31970/pangan.v5i1.35>
- Fitriyani, E. N. (2025). Pengolahan permen susu untuk meningkatkan nilai ekonomi susu sapi. *Penamas: Journal of Community Service*, 5(1), 87–94. <https://doi.org/10.53088/penamas.v5i1.1558>
- Hendra, A. A., Utomo, A. R., & Setijawati, E. (2015). Kajian karakteristik *edible film* dari tapioka dan gelatin dengan perlakuan penambahan gliserol. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*, 14(2), 95–100. <https://journal.ukwms.ac.id/index.php/JTPG/article/view/1547>

- Karuniastuti, N. (2013). Bahaya plastik terhadap kesehatan dan lingkungan. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSPDM Migas*, 3(1), 6–14. <http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swarapatra/article/view/43>
- Kim, H. S., Lee, Y. J., Koo, Y. J., Pack, E. C., Lim, K. M., & Choi, D. W. (2021). Migration of monomers, plastic additives, and non-intentionally added substances from food utensils made of melamine–formaldehyde resin following ultraviolet sterilization. *Food Control*, 125, Article 107981. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107981>
- Mashud, H., Lofena, A., Harum, D., Widiyanto, F., Dwi, F., Nur, F., Al Muzdalifah, I., A'yunin, K., Affa, M., Hafidz, M. I., Abdul, M., Aisah, N., Rohim, N., & Qurrati, Q. A. A. (2023). Diversifikasi olahan susu kambing menjadi permen susu pada masyarakat Dusun Krajan. *Jurnal Riset Ekonomi dan Akuntansi*, 1(1), 94–102. <https://doi.org/10.54066/jrea-itb.v1i1.166>
- Medeiros Silva, V. D., Coutinho Macedo, M. C., Rodrigues, C. G., Neris dos Santos, A., de Freitas e Loyola, A. C., & Fante, C. A. (2020). Biodegradable edible films of ripe banana peel and starch enriched with extract of *Eriobotrya japonica* leaves. *Food Bioscience*, 38, Article 100750. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100750>
- Moniharapon, A. (2016). Karakteristik kimia dan organoleptik permen *jelly* rumput laut. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 8(2), 91–96. <https://doi.org/10.33749/jpti.v8i2.2075>
- Noor Armylisas, A. H., Hoong, S. S., Tuan Ismail, T. N. M., & Chan, C. H. (2024). Efficient biodiesel production by sulfonated carbon catalyst derived from waste glycerine pitch via single-step carbonisation and sulfonation. *Waste Management*, 189, 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.08.011>
- Özcan, Y., Kurt, A., Yıldırım-Yalçın, M., & Toker, Ö. S. (2024). Development and structural characterisation of gelatin-based sustainable food packaging from turkey (*Meleagris gallopavo*) skin by-product. *International Journal of Food Science & Technology*, 59(9), 6243–6254. <https://doi.org/10.1111/ijfs.17360>
- Rochima, E., Fiyanih, E., Afrianto, E., Joni, I. M., Subhan, U., & Panatarani, C. (2018). Efek penambahan suspensi nanokitosan pada *edible coating* terhadap aktivitas antibakteri. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(1), 127–136. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v21i1.21461>
- Saleh, F. H. M., Nugroho, A. Y., & Juliantama, M. R. (2017). Pembuatan *edible film* dari pati singkong sebagai pengemas makanan. *Teknoin*, 23(1), 43–48. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol23.iss1.art5>
- Shabrina, A. N., Abduh, S. B. M., Hintono, A., & Pratama, Y. (2017). Sifat fisik *edible film* yang terbuat dari tepung pati umbi garut dan minyak sawit. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(3), 138–142. <https://doi.org/10.17728/jatp.239>
- Surhaini, Jatmiko, W. T., & Rinaldi. (2022). The effect of gelatin on the characteristics of *Dioscorea alata*'s starch-based edible film. *Jurnal Bio-Geo Material dan Energi*, 2(2), 44–51. <https://doi.org/10.22437/bigme.v2i2.31541>
- Widiastuti, R., Ismiyati, N., & Nisa, S. F. (2024). Formulasi dan uji sifat fisik permen *edible film* ekstrak etanol daun saga (*Abrus precatorius* L.). *Jurnal Ilmiah Manuntung: Sains Farmasi dan Kesehatan*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.51352/jim.v10i1.703>
- Zaghibib, I., Abdullah, J. A. A., & Romero, A. (2025). Development of a multifunctional chitosan-based composite film from crab shell (*Portunus segnis*) and algae (*Ulva lactuca*) with enhanced antioxidant and antimicrobial properties for active food packaging. *Foods*, 14(1), Article 53. <https://doi.org/10.3390/foods14010053>