

KARAKTRISTIK EDIBLE FILM GELATIN CHIA SEED DENGAN PENGGUNAAN LEVEL KONSENTRASI PEG YANG BERBEDA

(*Characteristics of Chia Seed Gelatin Film Edible Using Different Peg Concentration Levels*)

Yogi Reza Harmayadi^{1*}, Farhrullah¹, I Gede Nano Septian¹

1)Fakultas Peternakan Universitas Mataram, Mataram

*)Penulis korespondensi: reza_harmayadi@gmail.com

Diterima: 17/11/2024, Disetujui: 19/12/2024

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi *Polietilen Gliko* yang berbeda terhadap lama gelasi & ketebalan film. Penelitian ini dilaksanakan selama 2 minggu di Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil Ternak Fakultas Peternakan Universitas Mataram serta Laboratorium Terpadu UIN Mataram dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola searah dengan 3 perlakuan (35%, 40%, 45%) dan 3 kali ulangan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan plasticizer Polietilen Glikol dengan konsentrasi yang berbeda memberikan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap ketebalan edible film gelatin+chia seed. Ketebalan yang dihasilkan berkisar antara 0,278-0,292 mm. Penggunaan plasticizer PEG dengan konsentrasi yang berbeda memberikan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap ketebalan edible film gelatin+chia seed. Ketebalan yang dihasilkan berkisar antara 0,278-0,292 mm. Penggunaan plasticizer PEG dengan konsentrasi yang berbeda tidak memberikan perbedaan ($P > 0,05$) terhadap WVTR edible film gelatin+chia seed. WVTR yang dihasilkan berkisar antara 7,58-7,85 g/mm²/hari yang masih memenuhi Japanese Industrial Standard (JIS, 1975) yakni maksimum 10 g/mm²/hari.

Kata kunci: Chia seed, edible film, PEG, gelatin

ABSTRACT

The objective of this study is to ascertain the impact of incorporating varying concentrations of polyethylene glycol on gelation time and film thickness. The research was conducted over a period of two weeks at the Laboratory of Animal Products Processing Technology, Faculty of Animal Husbandry, Mataram University and the Integrated Laboratory of UIN Mataram. The Completely Randomized Design (CRD) unidirectional pattern was employed, with three treatments (35%, 40%, 45%) and three replications. The findings indicated that the incorporation of polyethylene glycol plasticizer at varying concentrations resulted in a highly statistically significant ($P < 0.01$) alteration in the thickness of the gelatin + chia seed edible film. The resulting thickness ranged from 0.278 to 0.292 millimeters. The utilization of PEG plasticizer at varying concentrations resulted in a highly statistically significant difference ($P < 0.01$) in the thickness of the gelatin-chia seed edible film. The resulting thickness ranged from 0.278 to 0.292 mm. The utilization of PEG plasticizer at varying concentrations did not result in a statistically significant difference ($P > 0.05$) in the WVTR of gelatin+chia seed edible film. The observed WVTR ranged from 7.58 to 7.85 g/mm²/day, which still meets the Japanese Industrial Standard (JIS, 1975) of a maximum of 10 g/mm²/day.

Key words: Chia seed, edible film, PEG, gelatin

PENDAHULUAN

Pengembangan pengemasan yang dapat dimakan dan memiliki sifat yang mudah terurai untuk dapat menggantikan sebagian kemasan sintesis telah diintensifkan dikarenakan masalah pembuangan limbah plastik dan dampak bagi lingkungan, sehingga menyebabkan masalah polusi yang serius dikarenakan tidak dapat terurai (Lopez *et al.*, 2016). Peningkatan kepedulian konsumen terhadap lingkungan terkait efek dari kemasan plastik mendorong penelitian tentang kemasan yang memiliki sifat *biodegradable* yang terbuat dari sumber terbaru dan ramah lingkungan yang diharapkan dapat menjadi pengganti plastik konvensional (Han 2018). Kemasan *biodegradable* ini dapat menjadi alternatif sebagai pelapis pangan sehingga dapat mengurangi kerusakan lingkungan dan masih tetap memiliki fungsi mempertahankan masa simpan, kualitas dan keamanan produk pangan yang dilapisinya. Permasalahan lingkungan dan masalah keamanan pangan mendorong peningkatan minat dalam pengembangan kemasan yang bersifat *biodegradable* untuk digunakan dalam kemasan pangan (Fahrullah *et al.*, 2020).

Plastik merupakan pengemas makanan yang banyak digunakan karena ekonomis, tetapi keberadaan plastik sangat tidak aman karena memiliki beberapa kelemahan yaitu menyebabkan terjadinya transfer senyawa dari degradasi polimer, residu pelarut, dan biopolimerisasi ke bahan pangan sehingga dapat menimbulkan resiko toksis. Selain itu plastik juga merupakan bahan yang sukar dirombak secara biologis (*nonbiodegradable*) sehingga banyak mencemari lingkungan (Indraswasti, 2017).

Salah satu hal yang perlu diperhatikan setelah proses produksi bahan pangan adalah penyimpanan produk pangannya. Bahan pangan disimpan untuk memperpanjang masa simpan dan mencegah pembusukan. Kualitas makanan yang turun dapat terjadi karena dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain suhu, kelembaban atau kekeringan, udara, cahaya dan lama waktu penyimpanan. Salah satu solusi yang jelas adalah untuk melindungi makanan dari perubahan ini sampai mereka siap untuk konsumsi melalui aplikasi edible film, yang dapat mencegah kontaminasi, pertumbuhan mikroba, dan serangan hama (Pavlath, 2009).

Salah satu metode penyimpanan bahan pangan yang aman dan bersifat *biodegradable* adalah dengan pengemasan dengan edible film. Edible film adalah suatu lapisan tipis yang rata, dibuat dari bahan yang dapat dikonsumsi, dan dapat berfungsi sebagai barrier agar tidak kehilangan kelembaban, bersifat permeabel terhadap gas-gas tertentu, serta mampu mengontrol migrasi komponen-komponen larut air yang dapat menyebabkan perubahan pigmen dan komposisi nutrisi sayuran (Krochta, 1994). Edible film berbahan dasar protein whey, saat ini telah dikembangkan penelitian dahulu dengan mencampurkan bahan polimer lain dan telah menghasilkan karakteristik edible film seperti kemuluran, kekuatan tarik yang baik sebagai

pelapis produk pangan.

Beberapa penelitian telah dipublikasikan tentang penggunaan protein whey untuk aplikasi edible film dan hasilnya sangat menjanjikan sebagai penghalang terhadap kelembapan, oksigen, lipid, aroma. Namun film yang dikembangkan dari protein whey menunjukkan sifat penghalang uap air yang buruk karena sifat hidrofiliknya (Syahputra, 2022). Penambahan polisakarida dari biji tanaman yang dapat menghasilkan gel telah dianggap sebagai salah satu yang paling menjanjikan dalam pengembangan kemaasan yang dapat dimakan. Biji tanaman yang digunakan sejauh ini dalam pengembangan edible film dengan minyak atrisi adalah biji selasih, biji chia, biji selada, dan biji quince.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis melakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik edible film yang akan dibuat dengan bahan yang berbeda guna mendapatkan hasil yang bagus. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dengan judul “ Karakteristik Edible Film Gelatin Chia Seed dengan Penggunaan Level Konsentrasi PEG yang Berbeda”

MATERI DAN METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

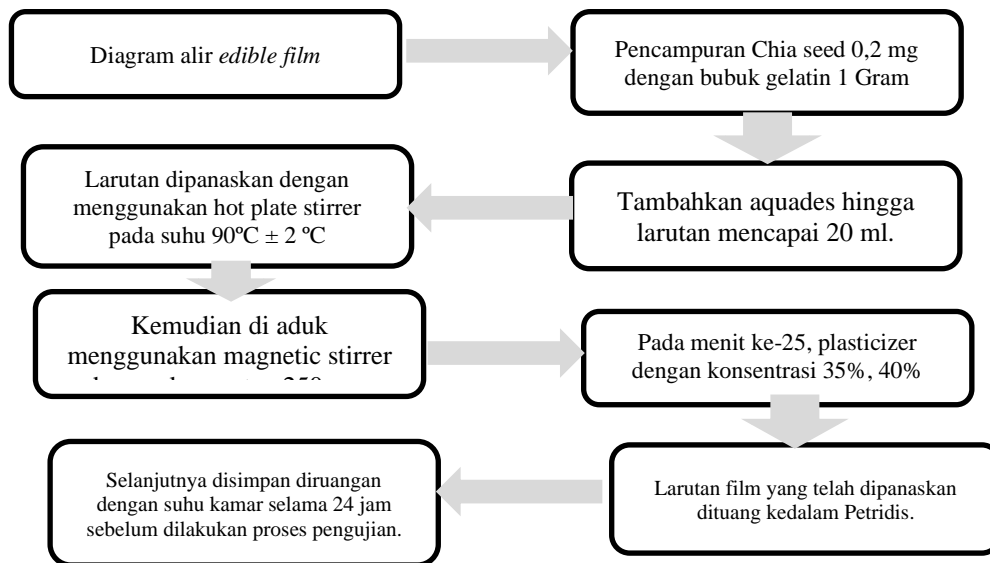
Penelitian ini dilaksanakan selama 2 minggu pada bulan Agustus 2023 Bertempat di Laboratorium Bioteknologi dan Hasil Ternak Fakultas Peternakan Universitas Mataram serta Laboratorium Terpadu UIN Mataram. Pemilihan lokasi dilakukan mengikuti judul penelitian yang dibuat.

Materi dan Metode

Bahan yang digunakan dalam pembuatan edible film yaitu gelatin, chia seed, akuades, Polietilen Glikol (PEG), silica gel dan kertas label. Adapun alat yang digunakan dalam pembuatan edible film yaitu timbangan, cawan petri, hot plate stirrer, micrometer scrup, desikator, tabung erlenmeyer, tabung ukur, gelas ukur, magnetic stirrer, termometer, sendok, dan stop watch.

Bubuk gelatin dan *chia seed* dicampur bersama sesuai dengan perlakuan, kemudian ditambahkan akuades hingga mencapai volume akhir 15 mL. Larutan gelatin + *chia seed* ditambahkan dengan plasticizer PEG 30%; 35% dan 40% kemudian dipanaskan pada suhu $90^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ di atas hot plate dan diaduk dengan magnetic stirrer pada kecepatan 250 rpm selama 30 menit. Larutan film dituang ke dalam cawan petri dan kemudian didiamkan pada suhu kamar selama 24 jam. Edible film yang telah jadi dikemas menggunakan kertas pembungkus sebelum dilakukan pengujian.(Modifikasi Fahrullah *et al.*, 2020b). Diagram alir

edible film dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan edible film

Ketebalan Edible Film

Pengukuran ketebalan edible film dilakukan dengan menggunakan scruple micrometer model MDC-25M (Mitutoyo, MFG, Jepang). Ketebalan dihitung sebagai rata-rata dari lima area film yang berbeda, yaitu 4 di bagian tepi dan 1 di bagian tengah.

Water Vapor Trasmission Rate (WVTR)

Laju transmisi uap air diukur dengan menempatkan edible film ke dalam desikator yang berisi 3 g silika gel dan kemudian diukur setiap 24 jam selama 5 hari. WVTR dinyatakan dalam satuan g/mm²/hari menggunakan rumus dalam persamaan:

$$WVTR = n / (t \times A)$$

Ket:

n : Perubahan berat (g)

t : Waktu (hari)

A : Luas permukaan (mm²)

Mikrostruktur Edible Film

Mikrostruktur edible film diuji menggunakan mikroskop elektron SEM JEOL JCM-7000. Edible film disiapkan dengan ukuran 0,5 × 0,5 cm, kemudian dilapisi dengan karbon dan emas. Kemudian ditempatkan pada perangkat SEM untuk pengamatan mikrostruktur.

Analisa Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 3 kali ulangan. Perlakuan terdiri dari konsentrasi PEG yang berbeda (P1= 30%; P2= 35% dan P3= 40%). Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Jika perlakuan

memberikan perbedaan maka dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

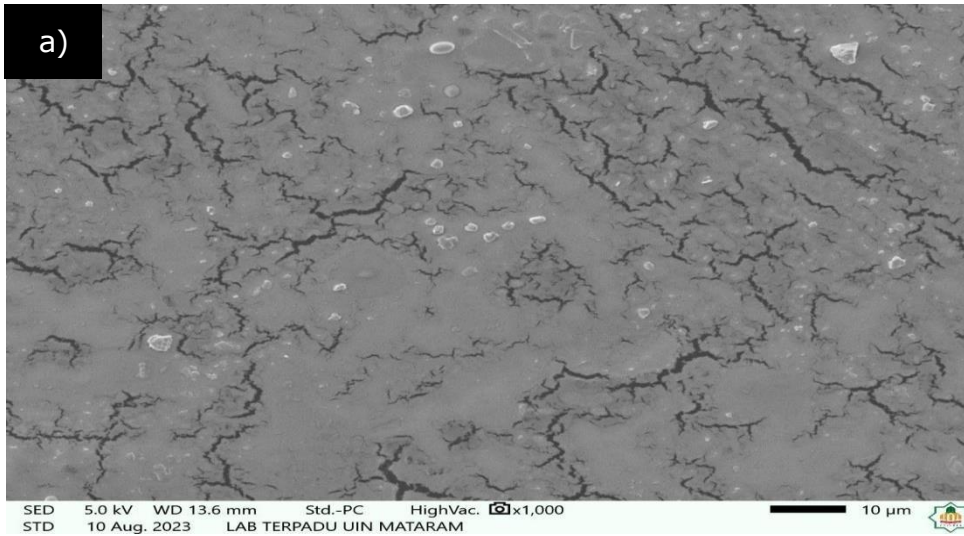
HASIL DAN PEMBAHASAN

Mikrostruktur

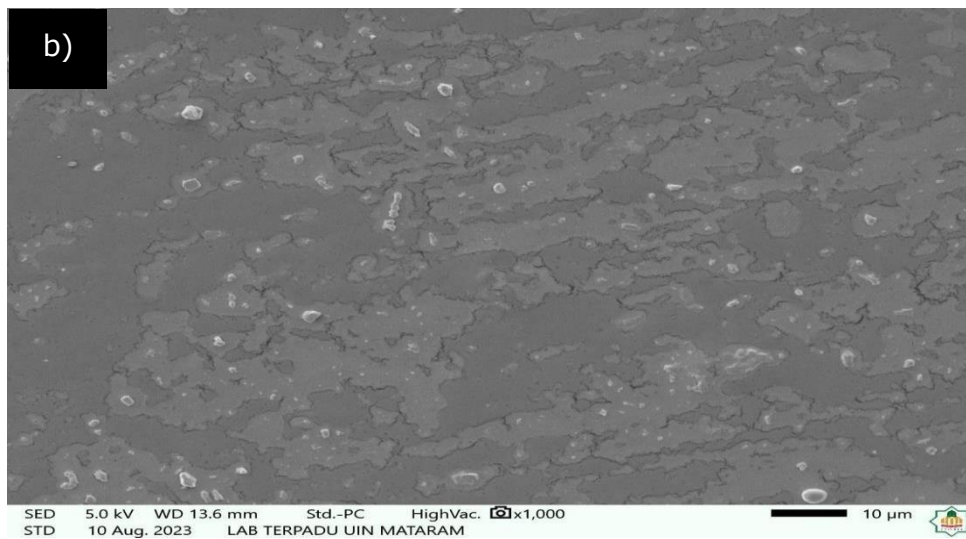
Tujuan dari pengujian mikroskop elektron pemindaian (SEM) adalah untuk mengevaluasi homogenitas film, keberadaan pori-pori, keberadaan retakan, dan struktur permukaan. Pengamatan SEM memungkinkan pemahaman tentang penampang melintang atau struktur permukaan, serta homogenitas campuran larutan film. Lebih jauh lagi, pengamatan struktur mikro memungkinkan untuk mempelajari keterkaitan dan hubungan antara sifat-sifat yang terkandung dalam film. Dalam pengamatan SEM, bentuk butir, ukuran butir, dan larutan padat yang terbentuk pada film dipertimbangkan (Fahrullah & Ervandi, 2022).

Penggunaan polietilen glikol (PEG) juga berdampak pada struktur permukaan film gelatin. Penelitian yang dilakukan oleh Marpongahtun, (2016) menunjukkan bahwa penggunaan PEG menghasilkan struktur yang lebih kasar dan lebih padat dibandingkan dengan silitol dan sorbitol. Hal ini disebabkan oleh ukuran molekul PEG yang lebih besar dibandingkan dengan pemlastis sorbitol dan gliserol, sehingga dapat meningkatkan jumlah total padatan film. Dalam sebuah penelitian oleh Saberi et al. (2017), ditemukan bahwa film yang mengandung pemlastis dengan berat molekul lebih rendah menunjukkan permukaan yang lebih padat, homogen, seragam, dan padat dibandingkan dengan film yang mengandung pemlastis dengan berat molekul tinggi. Meskipun partikel-partikel dalam film telah terdistribusi secara merata, beberapa partikel masih menunjukkan ketidakteraturan.

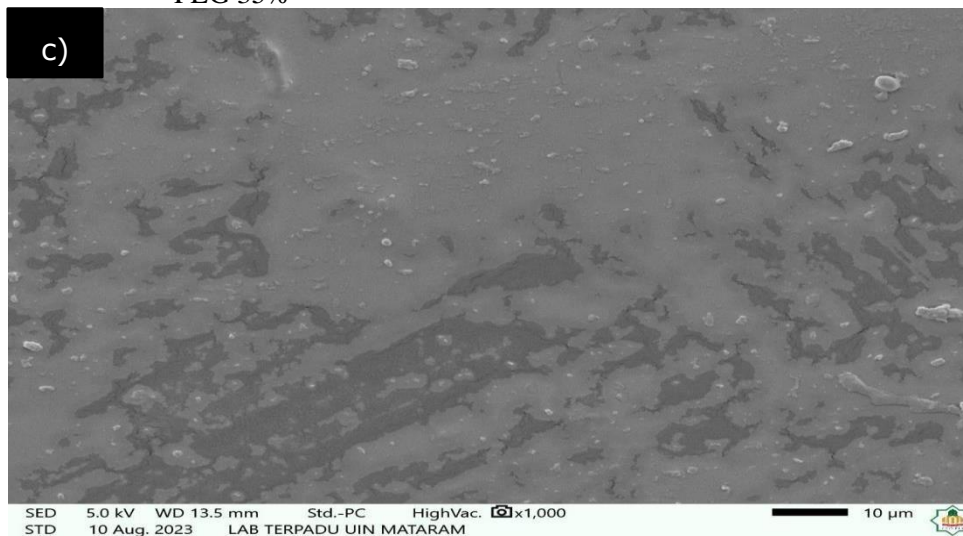
Tujuan dari pengamatan struktur mikro film gelatin-*chia seed* dengan penambahan pemlastis PEG menggunakan SEM adalah untuk menampilkan partikel-partikel penyusun yang terdapat pada film tersebut (Fahrullah & Ervandi, 2021). Keuntungan dari pengamatan struktur mikro ini adalah memungkinkan hubungan antara sifat material dengan struktur dan cacat pada material dapat dipelajari. Komposisi dan proses pengolahan bahan merupakan faktor kunci dalam menentukan karakteristik edible film. Pengamatan struktur mikro film merupakan elemen penting dalam memahami sifat-sifat film itu sendiri. Hasil pengamatan struktur mikro film disajikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Mikrostruktur edible film gelatin+*chia seed* dengan penambahan konsentrasi PEG 30%



Gambar 3. Mikrostruktur edible film gelatin+*chia seed* dengan penambahan konsentrasi PEG 35%



Gambar 4. Mikrostruktur edible film gelatin+*chia seed* dengan penambahan konsentrasi PEG 40%

Hasil struktur mikro menunjukkan bahwa permukaan yang dihasilkan homogen dan seragam. Namun demikian, Gambar (a) menunjukkan struktur permukaan dengan retakan, yang disebabkan oleh proses pemanasan di atas 95°C selama pemrosesan larutan film. Struktur mikro film dipengaruhi oleh metode pemanasan, homogenisasi, komposisi emulsi, dan susunan struktural berbagai komponen pada akhir proses pengeringan. Struktur mikro film menunjukkan susunan struktural komponen yang dapat memengaruhi kualitas sifat mekanik film. Gambar a, b dan c juga diperlihatkan, tetapi gelembung- gelembung tersebut dapat dihilangkan melalui proses vakum. Hal ini sejalan dengan pendapat Al Awwaly et al (2010), yang menyatakan bahwa penggunaan kondisi vakum dalam pembuatan film dapat mengurangi ukuran dan jumlah pori-pori pada film.

Ketebalan Edible Film

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antara persentase gelatin-*chia seed* dengan jenis plasticizer yang berbeda memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0,01$) terhadap ketebalan film. Hal ini diduga oleh selisih konsentrasi *chia seed* yang berbeda serta konsentrasi plasticizer yang digunakan berbeda, ketebalan edible film ditentukan oleh kandungan total padatan, luas permukaan dan volume larutan film (Fahrullah *et al.*, 2020) Data yang disajikan dalam Tabel 1 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi gelatin-*chia seed* menghasilkan peningkatan ketebalan film yang sesuai. Nilai ketebalan yang diamati dengan adanya konsentrasi gelatin dan biji chia masing-masing adalah 0,278 mm, 0,29 mm, dan 0,292 mm. Peningkatan ini dapat dikaitkan dengan penambahan jumlah konsentrasi polimer yang meningkat, yang sesuai dengan hubungan antara ketebalan film dan konsentrasi polimer yang ditambahkan ke dalam larutan filmogenik.

Tabel 1. Ketebalan Edible Film dalam berbagai perlakuan (mm)

Perlakuan	Ulangan			Rataan
	1	2	3	
P1	0,279	0,274	0,281	0,278±0,003 ^a
P2	0,289	0,288	0,292	0,29±0,002 ^b
P3	0,295	0,293	0,287	0,292±0,004 ^b

Ket: Superskrip menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0.01$) antar perlakuan

Telah diamati bahwa faktor utama yang mempengaruhi ketebalan film adalah konsentrasi pemlastis yang ditambahkan ke larutan film dan jumlah lapisan yang ditumpangkan. Peningkatan jumlah total larutan akan menghasilkan peningkatan kandungan padatan total larutan, yang akibatnya akan meningkatkan jumlah polimer yang ada dalam matriks film yang dapat dimakan. Standar Jis (1975) → 0,25mm

Water Vapor Tranmission Rate (WVTR) Edible Film

Berdasarkan Tabel 2 hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa persentase gelatin-*chia seed* dengan konsentrasi plasticizer yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang signifikan ($p>0,05$) terhadap WVTR, namun rata-rata nilai WVTR yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar 7,58-7,85 g/mm²/hari yang masih memenuhi Japanese Industrial Standard (JIS, 1975) yakni maksimum 10 g/mm²/hari.

Tabel 2. Laju transmisi uap air (g/mm²/hari)

Perlakuan	Ulangan			Rataan
	1	2	3	
P1	8,93	6,49	8,12	7,85±1,24
P2	7,31	7,31	8,12	7,58±46
P3	8,93	6,49	7,31	7,58±1,24

Ket: Superskrip konsentrasi plasticizer yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang signifikan ($p>0,05$) terhadap WVTR

WVTR berperan dalam pengembangan film yang dapat dimakan, mengatur transfer air antara film dan lingkungan eksternal. Hal ini juga mencegah kehilangan air dan merupakan faktor penentu pembusukan makanan. Oleh karena itu, nilai WVTR yang rendah sangat diinginkan. Selain itu, WVTR film dipengaruhi oleh interaksi antara protein yang ada dalam gelatin dan lipid yang ada dalam biji chia, yang menghasilkan pembentukan lebih banyak zona hidrofobik yang mencegah difusi uap air melalui film. Tabel 2 menunjukkan bahwa persentase gelatin-biji chia dengan penambahan konsentrasi PEG yang lebih tinggi menunjukkan nilai WVTR yang lebih rendah, yang berkorelasi dengan ketebalan film yang dihasilkan (Tabel 1). Hal ini sesuai dengan temuan Dicka M *et al.*, (2015), yang mengindikasikan bahwa perbedaan nilai WVTR yang diamati dapat dikaitkan dengan sumber hidrokoloid, proporsi larutan film, dan ketebalan film.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan plasticizer PEG dengan konsentrasi yang berbeda memberikan perbedaan yang sangat nyata ($P<0,01$) terhadap ketebalan edible film gelatin+chia seed. Ketebalan yang dihasilkan berkisar antara 0,278-0,292 mm. Penggunaan plasticizer PEG dengan konsentrasi yang berbeda tidak memberikan perbedaan ($P>0,05$) terhadap WVTR edible film gelatin+chia seed. WVTR yang dihasilkan berkisar antara 7,58-7,85 g/mm²/hari yang masih memenuhi Japanese Industrial Standard (JIS, 1975) yakni maksimum 10 g/mm²/hari. Mikrostruktur memperlihatkan permukaan film yang mengalami retakan serta memperlihatkan butiran-butiran yang terlihat pada penampang struktur film serta terdapat gelembung-gelembung kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah DR, Wefiani FP, Patricia K. Karakterisasi Serat Pangan, Kapasitas Pengikatan Air dan Kemampuan Emulsifikasi Biji Selasih dan Chia. **J Mutu Pangan Indones J Food Qual.** 2022;8(2).
- Adrian, D. K. (2023, oktober 30). *Sorbitol, Inilah Manfaat, Aturan Konsumsi, dan Efek Sampingnya*. Diambil kembali dari ALODOKTER:
<https://www.alodokter.com/sorbitol-inilah-manfaat-aturan-konsumsi-dan-efek-sampingnya>
- Afifah, A., Khoiri, M., & Qomaria, N. (2018). Mathematics preservice teachers' views on mathematical literacy. *International Journal of Trends in Mathematics Education Research*, 1(3).
- Afifah, N., Enny, S., Novita, I., Doddy, A. (2018). Pengaruh kombinasi plasticizer terhadap karakteristik edible film dari karagenan dan lilin lebah. **Jurnal: Bioproposal industri**, subang, hlm. 2.
- Agustin, d. S. (2024, MARET 7). *6 Manfaat Chia seed yang Sayang untuk Dilewatkan*. Diambil kembali dari ALODOKTER:
<https://www.alodokter.com/mengenal-chia-seed-biji-bijian-yang-kabarnya-punya-banyak-manfaat>
- Al Awwaly, K. U., Manab, A., & Wahyuni, E. (2010). Production of whey protein edible film: the study of protein and glycerol ratio on physical and chemical properties. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 5(1), 45-56.
- Al-Awwal, K. U., Manab, A., Wahyuni. E. (2010). Pembuatan Edible Film Protein Whey: Kajian Rasio Protein dan Gliserol Terhadap Sifat Fisik dan Kimia. **Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak**, 5(1).
- Anggarini, F. (2013). Aplikasi plasticizer gliserol pada pembuatan plastik biodegradable dari biji nangka. **Skripsi**. Semarang: FMIPA semarang.
- Banker, G. S. (1966). Film coating theory and practice. *Journal of pharmaceutical sciences*, 55(1), 81-89.
- Brissette, C. 2013. The Effect of Salvia hispanica L. Seeds on Weight Loss in Overweight and Obese Individuals with Type 2 Diabetes Mellitus. University of Toronto. Department of Nutritional Sciences.
- Campos, M.R., N.C. Solis, G.R. Rubio, L.C. Guerrero, dan D.B. Ancona. 2014. Chemical and Functional Properties of Chia Seed (Salvia hispanica L.) Gum. Mexico. *International Journal of Food Science*. Vol. 2014. Article ID 241053.
- Charles-Rodríguez A V., Rivera-Solís LL, Martins JT, Genisheva Z, Robledo-Olivo A, González- Morales S, et al. Edible films based on black chia (Salvia hispanica L.) seed mucilage containing rhus microphylla fruit phenolic extract. **Coatings**. 2020;10(4).
- Chutia, J., Borah, S. P., & Tanti, B. (2012). Effect of drought stress on protein and proline metabolism in seven traditional rice (Oryza sativa Linn.) genotypes of Assam, India. *Journal of Research in Biology*, 2(3), 206-214.

- Cornelia, H., & Britta, P. F. (2012). Thioarsenate transformation by filamentous microbial mats thriving in an alkaline, sulfidic hot spring. *Environmental science & technology*, 46(8), 4348-4356.
- Dicastillo, LDC, Rodríguez F, Guarda A, Galotto MJ. Antioxidant films based on cross-linked methyl cellulose and native Chilean berry for food packaging applications. **Carbohydrate Polymers**. 2016; 136.
- Dick M, Costa TMH, Gomaa A, Subirade M, Rios ADO, Flôres SH. Edible film production from *chia seed* mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties. **Carbohydr Polym**. 2015;130.
- Fahrullah F, Eka Radiati L, Purwadi, Rosyidi D. The physical characteristics of whey based edible film added with konjac. **Curr Res Nutr Food Sci**. 2020;8(1).
- Fahrullah F, Ervandi M. Karakterisasi mikrostruktur film whey dengan penambahan konjac glucomannan. **Agrointek J Teknol Ind Pertan**. 2022 Aug 3;16(3):403–11.
- Fahrullah F, Kisworo D, Bulkaini B, Haryanto H. **Jurnal Biologi Tropis The Effects of Plasticizer Types on Properties of Whey-Gelatin Films**. 2023;23(3):414–21.
- Fahrullah F, Radiati LE, Purwadi P, Rosyidi D. The effect of different plasticizers on the characteristics of whey composite edible film. **J Ilmu dan Teknol Has Ternak**. 2020;15(1).
- Fahrullah F, Radiati LE, Purwadi P, Rosyidi D. The Effect of Different Plasticizers on the Characteristics of Whey Composite Edible Film. **J Ilmu dan Teknol Has Ternak**. 2020;15(1).
- Fahrullah F. Penggunaan minyak cengkeh dalam aplikasi edible film whey terhadap karakteristik kimiawi dan mikrobiologis keju gouda. **AGROINTEK**. 2021;15(2).
- Fahrullah, Ervandi M, Rosyidi D. Characterization and antimicrobial activity of whey edible film composite enriched with clove essential oil. **Trop Anim Sci J**. 2021;44(3).
- Fahrullah, F., Eka Radiati, L., Purwadi, Rosyidi, D. (2020b). The Physical Characteristics of Whey Based Edible Film Added with Konjac. **Current Research in Nutrition and Food Science**, 8(1): 333-339.
- Fahrullah, F., Ervandi, M. (2021). Mikrostruktur Edible Film Whey Dangke dengan Penambahan Karagenan dan Plasticizer Sorbitol 35%. **Jurnal Ilmu Dan Teknologi Peternakan Tropis**, 6(2), 26–31. <https://doi.org/10.33772/jitro.v8i1.14785>
- Fahrullah, F., Ervandi, M. (2022). Karakterisasi mikrostruktur film whey dengan penambahan konjac glucomannan. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 16(3), 403–411. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i3.12303>
- Furqon Cipta Ismaya, N. H. (2021). Pembuatan dan Karakterisasi Edible Film dari Nata De. **Teknologi**, 81
- Gennadios, A. and Weller, CL 1990, 'Edible Films and Coating from Wheat and Corn Proteins', **Food Technology**, vol. 44, no. 10.

- Han Y, Yu M, Wang L. Physical and antimicrobial properties of sodium alginate/carboxymethyl cellulose films incorporated with cinnamon essential oil. **Food Packag Shelf Life**. 2018;15.
- Hernandez, L.M. 2012. Gum Form Chia Seeds (*Salvia hispanica*): Microstructure, Physico-Chemical Characterization and Application in Food Industry. PhD Thesis at Pontificia Universidad Catolica de Chile, 120h.
- Hosseini SF, Rezaei M, Zandi M, Farahmandghavi F. Bio-based composite edible films containing *Origanum vulgare* L. essential oil. **Ind Crops Prod**. 2015;67.
- Ismaya, F.C., Hendrawati, T.Y. and Kosasih, M., 2017. Pemilihan Prioritas Bahan Baku Plastik Biodegradable Dengan Metode Analytical Hierarkhi Process (AHP). Prosiding Semnastek.
- Juliani D, Suyatma NE, Taqi FM. Pengaruh Waktu Pemanasan, Jenis dan Konsentrasi Plasticizer terhadap Karakteristik Edible Film K-Karagenan. **J Keteknikan Pertan**. 2022;10(1).
- Julianti. (2006). Buku ajar teknologi pengemasan. Medan: **Departemen teknologi pertanian USU**.
- Juliyarsi, I, Melia, S, Sukma, A 2011, 'The quality of edible film by using glycerol as plasticizer', **Pakistan Journal of Nutrition**, vol. 10, no. 9.
- Kaewprachu P, Osako K, Rungraeng N, Rawdkuen S. Characterization of fish myofibrillar protein film incorporated with catechin-Kradon extract. **Int J Biol Macromol**. 2018;107.
- Kresnomurti, B. (2023, Juli 18). *Apa itu Whey Protein? Tujuan Konsumsi, Efek Samping, hingga Dosis bagi Pemula*. Diambil kembali dari Kontan.co.id.
- Krochta, J.M. 1994. "Edible Film and Coating to Improve Food Quality".
- Kurt A, Kahyaoglu T. Characterization of a new biodegradable edible film made from salep glucomannan. **Carbohydr Polym**. 2014;104(1).
- Lutfi, M, Sumarlan, SH, Susilo, B, Wignyanto, Zenata, R & Perdana, LPR 2017, 'The glycerol effect on mechanical behaviour of biodegradable plastic from the walur', **Journal Nature Environment and Pollution Technology**, vol. 16, no. 4.
- Maniglia BC, De Paula RL, Domingos JR, Tapia-Blácido DR. Turmeric dye extraction residue for use in bioactive film production: Optimization of turmeric film plasticized with glycerol. **LWT**. 2015;64(2).
- Marpongahtun, C. F. Z. (2016). Physical-Mechanical Properties And Microstructure Of Breadfruit Starch Edible Films With Various Plasticizer. **Eksakta**, 13(1–2). <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol13.iss1-2.art7>
- Maruddin F, Ratmawati R, Fahrullah F, Taufik M. Karakteristik edible film berbahan whey dangke dengan penambahan karagenan. **J Vet**. 2018;19(2).
- Michel, B. E., & Kaufmann, M. R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant physiology*, 51(5), 914-916.

- Mihalca V, Kerezsi AD, Weber A, Gruber traub C, Schmucker J, Vodnar DC,. Protein-based films and coatings for food industry applications. Vol. 13, **Polymers**. 2021.
- Munir M, Qayyum A, Raza S, Siddiqui NR, Mumtaz A, Safdar N, et al. Nutritional Assessment of BasilSeed and its Utilization in Development of Value Added Beverage. **Pakistan J Agric Res**. 2017;30(3).
- Nuanmano S, Prodpran T, Benjakul S. Potential use of gelatin hydrolysate as plasticizer in fish myofibrillar protein film. **Food Hydrocoll**. 2015;47.
- Otoni CG, Avena-Bustillos RJ, Azeredo HMC, Lorevice M V., Moura MR, Mattoso LHC, et al. Recent advances on edible films based on fruits and vegetables—A Review. **Compr Rev Food Sci Food Saf**. 2017;16(5).
- Pavlath, A. E., & Orts, W. (2009). Edible films and coatings: why, what, and how?. Edible films and coatings for food applications, 1-23.
- Pavlath, Atilla E; dan Orts, William. 2009. “Edible Films and Coatings: Why, What, and How?”. Edible Films and Coatings for Food Applications. Chapter 1. **Western Regional Research Center**. USA
- Putra AD, Johan VS, Efendi R. Pembuatan Edible Film Pati Sukun the Addition of Sorbitol As a Plasticizer in the Production Edible Films Based Breadfruit Starch. **Jom Fak Pertan**. 2017;4(2).
- Putri, D. A. (2022, desember 13). *Memahami Pengertian, Ciri-ciri, dan Contoh Penelitian Eksperimental*. Diambil kembali dari D katadata.com: <https://katadata.co.id/lifestyle/edukasi/6398a85b63716/memahami-pengertian-ciri-ciri-dan-contoh-penelitian-eksperimental>
- Saberi, B., Chockchaisawasdee, S., Golding, J. B., Scarlett, C. J., & Stathopoulos, C. E. (2017). Physical and mechanical properties of a new edible film made of pea starch and guar gum as affected by glycols, sugars and polyols. **International Journal of Biological Macromolecules**, 104. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.06.051>
- Safari A, Kusnandar F, Syamsir E. Biji Chia: Karakteristik Gum dan Potensi Kesehatannya. **Pangan**. 2016;25(2).
- Sandoval DCG, Sosa BL, Martínez-Ávila GCG, Fuentes HR, Abarca VHA, Rojas R. Formulation and characterization of edible films based on organic mucilage from Mexican Opuntia ficus-indica. **Coatings**. 2019;9(8).
- Spotti ML, Cecchini JP, Spotti MJ, Carrara CR. Brea Gum (from Cercidium praecox) as a structural support for emulsion-based edible films. **LWT**. 2016;68.
- Sukhija S, Singh S, Riar CS. Analyzing the effect of whey protein concentrate and psyllium husk on various characteristics of biodegradable film from lotus (Nelumbo nucifera) rhizome starch. **Food Hydrocoll**. 2016;60.
- Syahputra, SY, Agustina, R, Putra, BS (2022). Kuat Tarik Edible Film Bahan Dasar Pati Sagu Dengan Penambahan Sorbitol. **Jurnal Ilmiah Mahasiswa**, jim.usk.ac.id, <https://jim.usk.ac.id/JFP/article/view/19598>

Technomic Publishing Company. New York

Vacheron, C. H., Piriou, V., Untereiner, O., Picard, J., Thiveaud, D., Theissen, A., & Maîtrise du Risque, S. F. A. R. (2023, January). NRFit: une nouvelle norme de connexion pour prévenir les erreurs médicamenteuses concernant les voies d'administration. In *Annales Pharmaceutiques Françaises* (Vol. 81, No. 1, pp. 30-39). Elsevier Masson.

Verslues, P. E., Ober, E. S., & Sharp, R. E. (1998). Root growth and oxygen relations at low water potentials. Impact of oxygen availability in polyethylene glycol solutions. *Plant physiology*, 116(4), 1403-1412.