

The Effects of Plasticizer Types on Properties of Whey-Gelatin Films

Fahrullah Fahrullah^{1*}, Djoko Kisworo¹, Bulkaini Bulkaini¹, Haryanto Haryanto¹, Baiq Rani Dewi Wulandani¹, Wahid Yulianto¹, Azhary Noersidiq¹, & Vebera Maslami¹

¹Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia.

Article History

Received : May 20th, 2023

Revised : June 26th, 2023

Accepted : July 06th, 2023

*Corresponding Author:

Fahrullah Fahrullah,
Program Studi Peternakan,
Fakultas Peternakan,
Universitas Mataram,
Mataram, Nusa Tenggara
Barat, Indonesia;

Email:

fahrullah@unram.ac.id

Abstract: Edible film is an alternative packaging that can be applied to food because it has biodegradable properties. The use of plasticizers can be used in the manufacture of edible films to increase the flexibility and densibility of the film. This study aims to determine the effect of plasticizer type on the thickness, WVTR, and moisture content of whey-gelatin film blends. The research was conducted in a Completely Randomized Design with three treatments, treatments that make a difference are tested with Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The treatment used different plasticizer (P₁G: Glycerol; P₁S: Sorbitol; and P₁P: polyethylene glycol (PEG) 400). The properties of whey-gelatin films showed that thickness was at 0.0350-0.0352 mm; the WVTR was at 4.87-6.22 g/m²/day; the water content was at 12.55-15.69%. The use of glycerol as plasticizer produced the best edible film characteristics compared to sorbitol and PEG 400 with a thickness value of 0.0350 mm; WVTR of 6.22 g/mm²/day and moisture content of 12.55%.

Keywords: Film, gelatin, plasticizer, whey.

Pendahuluan

Produk makanan untuk konsumsi manusia mengalami serangkaian proses pasca panen, transportasi dan penyimpanan sebelum sampai ke tangan konsumen, oleh karenanya proses ini memiliki dampak signifikan terhadap atribut sensorik seperti tampilan (Ruiz-Navajas *et al.*, 2015). Beberapa metode pengawetan yang sering digunakan seperti penyimpanan suhu rendah, pengeringan, pengawetan secara kimiawi serta pengemasan terkontrol untuk meminimalkan perpindahan oksigen, aroma dan kelembapan (Haq *et al.*, 2016). Diantara metode tersebut, pengemasan makanan yang bersifat memainkan peranan penting dan dapat meningkatkan daya tarik serta dapat langsung dimakan/edible.

Edible film didefinisikan sebagai lapisan tipis yang dapat dimakan langsung bersama produk yang dikemasnya (Fransiska *et al.*, 2020), memiliki fungsi untuk meningkatkan umur simpan produk makanan serta dapat meningkatkan kualitas makanan sebagai penghalang mekanis dan dapat juga

menghambat perpindahan massa (Bakry *et al.*, 2017). *Edible film* menjadi kemasan alternatif yang dapat diterapkan pada makanan dikarenakan memiliki sifat *biodegradable*.

Kemasan *biodegradable* ini dapat dijadikan sebagai bahan kemasan pengganti plastik sehingga dapat diperuntukkan mengurangi dampak negatif terhadap kerusakan lingkungan dan tetap memiliki fungsi utama untuk mempertahankan masa simpan, keamanan produk dan kualitas makanan yang dikemasnya, dan inilah yang menjadi pendorong untuk mengembangkan kemasan *biodegradable* yang memungkinkan dapat melebihi kemasan konvensional. Permasalahan lingkungan dan masalah keamanan pangan mendorong peningkatan minat dalam pengembangan kemasan yang bersifat *biodegradable* (Dick *et al.*, 2015; Maniglia *et al.*, 2015; Sukhija *et al.*, 2016; Spotti *et al.*, 2016; Otoni *et al.*, 2017; Maruddin *et al.*, 2018; Fahrullah, 2021; Fahrullah *et al.*, 2022; Fahrullah *et al.*, 2020a; Fahrullah *et al.*, 2020b; Fahrullah & Ervandi, 2021).

Edible film umumnya tersusun dari biopolimer yang mudah diurai secara biologis seperti protein, polisakarida, lemak ataupun kombinasi (Chen *et al.*, 2019). Dibandingkan dengan polisakarida dan lipid, polimer berbasis protein baik dalam bahan dasar *edible film* dikarenakan memiliki nilai gizi yang tinggi serta sifat penghalang gas yang sangat baik (Kaewprachu *et al.*, 2016), selain itu juga dapat menghasilkan zat aktif seperti antioksidan dan antimikroba (Murrieta-Martínez *et al.*, 2018; Fahrullah *et al.*, 2021), namun *edible film* protein memiliki karakteristik penghalang buruk terhadap air serta memiliki kepadatan energi kohesif kuat sehingga mudah rapuh (Guerrero & de la Caba, 2017).

Penggunaan *plasticizer* dapat dipergunakan pada bahan yang berbahan plastik atau elastomer) untuk dapat meningkatkan fleksibilitas, kemampuan kerja maupun distensibilitasnya (Chen *et al.*, 2019). Kelompok polioliol seperti sorbitol, sorbitol dan PEG (*polyethylene glycol*) dapat digunakan sebagai pemlastis untuk *edible film*. Penelitian (Fahrullah *et al.*, 2020a) mengenai *edible film* whey komposit menghasilkan ketebalan, kuat tarik, elongasi/kemuluran dan *water vapor transmission rate* (WVTR) terbaik dengan menggunakan *plasticizer* gliserol dibandingkan dengan sorbitol dan PEG. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui efek dari penggunaan jenis *plasticizer* yang berbeda terhadap sifat *edible film* protein whey-gelatin.

Bahan dan Metode

Alat dan bahan

Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah magnetic stirrer, erlenmeyer, petridish, gelas ukur, hot plate stirrer, thermometer, tabung ukur, desikator, stopwatch, micrometer scrup dan timbangan digital. Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah protein whey bubuk, gelatin bubuk, *plasticizer* yang terdiri dari gliserol, sorbitol & *polyethylene glycol* (PEG) 400, akuades, silica gel, plastik gula, kertas label dan tissue.

Pembuatan larutan *Edible Film*

Pembuatan larutan *edible film* dilakukan dengan pencampuran bubuk whey 2% (b/v) dengan bubuk gelatin 4% (b/v) dan ditambahkan akuades hingga larutan mencapai 20 ml. Larutan dipanaskan dengan menggunakan hot plate stirrer pada suhu 90°C dan diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 250 rpm selama 30 menit. Pada menit ke-25, *plasticizer* sesuai perlakuan dimasukkan dengan konsentrasi 35%. Film yang telah menjadi larutan setelah selesai proses pemanasan selanjutnya dituangkan ke dalam petridish dan disimpan di ruangan dengan suhu kamar selama 24 jam sebelum dilakukan proses pengujian. (Modifikasi Fahrullah *et al.*, 2020b).

Ketebalan *Edible Film*

Pengukuran ketebalan *edible film* dilakukan menggunakan alat *micrometer scrup* model MDC-25M (Mitutoyo, MFG, Japan) dengan akurasi ketelitian 0,0001 mm. Ketebalan *edible film* ini dihitung rata-ratanya dari lima area film yang berbeda yakni 4 dibagian tepid an 1 bagian tengah (Maruddin *et al.*, 2018).

WVTR

WVTR diukur dengan memasukkan *edible film* ke dalam desikator yang berisi 3 g silica gel dan kemudian dilakukan pengukuran setiap 24 jam selama 5 hari. WVTR dinyatakan dalam satuan g/mm²/hari dengan menggunakan rumus pada persamaan 1 (ASTM E 96, 1995).

$$WVTR = \frac{n}{t \times A} \quad (1)$$

Ket:

n : perubahan berat (g)

t : waktu (hari)

A : permukaan luas *edible film* (mm²)

Kadar air

Pengukuran kadar air *edible film* dilakukan dengan cara cawan porselen dipanaskan ke dalam oven menggunakan suhu 100-105°C selama sejam kemudian dilakukan pendinginan menggunakan desikator dan dilanjutkan penimbangan (C). Sampel *edible film* sebanyak 2 g (D) dimasukkan ke dalam cawan porselen, selanjutnya melakukan proses pengeringan kembali menggunakan oven dengan

suhu 105°C selama 8 jam. Sampel didinginkan kembali dalam desikator dan dilakukan proses penimbangan (E). (AOAC, 2010).

$$\text{Kadar Air} = \frac{C+D-E}{D} \times 100\% \quad (2)$$

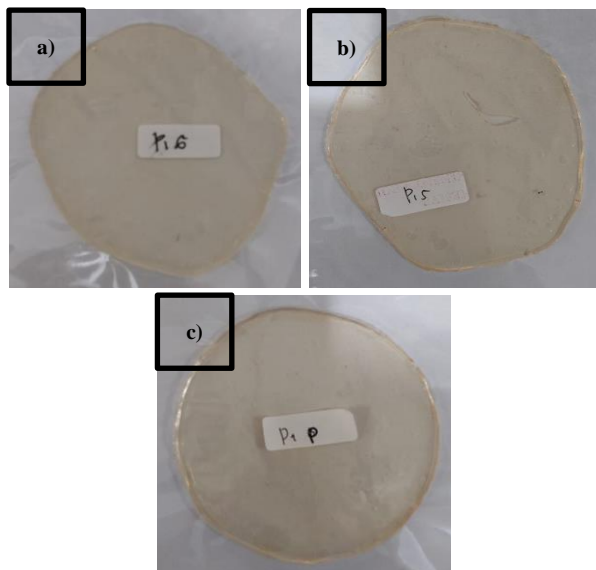
Analisis Statistik

Data diolah menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 3 perlakuan serta 3 kali ulangan. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah P₁G: *plasticizer* gliserol; P₁S: *plasticizer* sorbitol dan P₁P: *plasticizer* polietilen glikol (PEG) 400. Data diolah secara statistik menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) dengan bantuan aplikasi SPSS 16, dan apabila memberikan perbedaan maka dilanjutkan pengujian menggunakan uji *Duncan Multiple Range Test*.

Hasil dan Pembahasan

Visualisasi Edible Film

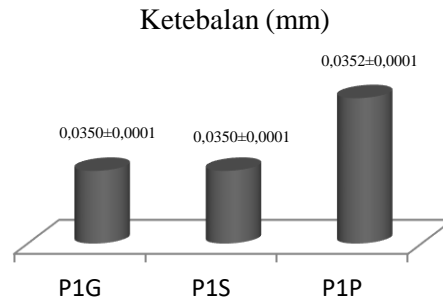
Penampakan *edible film* whey-gelatin dengan penggunaan jenis *plasticizer* gliserol, sorbitol dan PEG 400 terlihat pada Gambar 1. *Edible film* pada gambar tersebut memperlihatkan hasil yang baik yaitu tidak sobek, bentukan rapid an teratur serta dalam kondisi yang baik.



Gambar 1. Visualisasi *edible film* whey-gelatin dengan penggunaan jenis *plasticizer* a) gliserol (P₁G); b) sorbitol (P₁S); dan c) PEG 400 (P₁P)

Ketebalan Edible Film

Penggunaan jenis *plasticizer* yang berbeda terhadap nilai ketebalan (mm) *edible film* whey-gelatin disajikan pada Gambar 2.

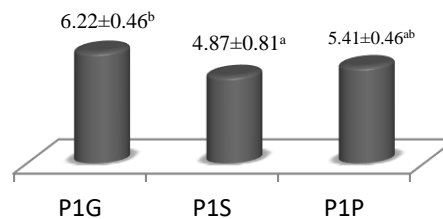


Gambar 2. Nilai ketebalan *edible film* (mm) dengan penggunaan *plasticizer* yang berbeda

Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai ketebalan *edible film* whey-gelatin yang dihasilkan oleh penggunaan jenis *plasticizer* gliserol dan sorbitol 0,0350 mm dan PEG 400 menghasilkan 0,0352 mm.

WVTR

Penggunaan jenis *plasticizer* yang berbeda terhadap WVTR (Water Vapour Transmission Rate) *edible film* whey-gelatin disajikan pada Gambar 3.

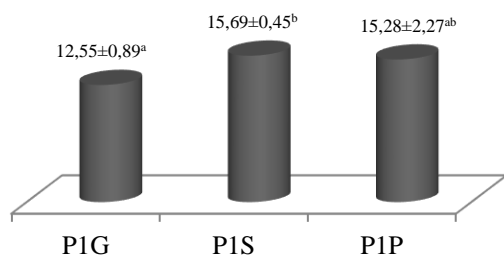


Gambar 3. Nilai WVTR (g/mm²/hari) *edible film* dengan penggunaan *plasticizer* yang berbeda

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai WVTR *edible film* whey-gelatin yang dihasilkan berkisar antara 4,87-6,22 g/mm²/hari. Nilai WVTR tertinggi dihasilkan oleh *plasticizer* gliserol dan terendah dihasilkan oleh *plasticizer* sorbitol. Batas standar maksimum WVTR yang ditetapkan oleh Japanese Industrial Standard (1975) adalah maksimum 7 g/mm²/hari, sehingga *edible film* whey-gelatin dalam penelitian ini masih sesuai dengan standar JIS (1975).

Kadar Air

Penggunaan jenis *plasticizer* yang berbeda terhadap nilai kadar air (%) *edible film* whey-gelatin disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Nilai kadar air (%) *edible film* dengan penggunaan *plasticizer* yang berbeda

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai kadar air (%) *edible film* whey-gelatin yang dihasilkan berkisar antara 12,55-15,69%. *Plasticizer* sorbitol menghasilkan kadar air tertinggi disusul sorbitol sedangkan nilai kadar air terendah dihasilkan oleh *plasticizer* gliserol.

Pembahasan

Ketebalan *Edible Film*

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penggunaan jenis *plasticizer* yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan yang nyata ($P>0,05$) terhadap ketebalan *edible film* whey-gelatin. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *plasticizer* yang berbeda dengan konsentrasi yang sama (35%) menghasilkan ketebalan *edible film* yang hampir sama, selain itu juga disebabkan oleh komposisi kandungan bahan penyusun *edible film* yang dipergunakan sama. Fahrullah *et al.*, (2020a) menyatakan bahwa ketebalan *edible film* ditentukan oleh total kandungan padatan, luas permukaan dan volume larutan *film*.

Ketebalan *edible film* yang dihasilkan sangat bergantung pada kandungan dan sifat polimer penyusunnya dan tidak tergantung dengan *plasticizer* yang dipergunakan (Fatma *et al.*, 2015). Hal ini masih sejalan dengan penelitian menggunakan kombinasi whey protein dengan konjak menghasilkan ketebalan yaitu 0,0294-0,0370 mm (Fahrullah *et al.*, 2020b), berbahan whey-konjak dengan penambahan minyak cengkeh menghasilkan ketebalan yaitu 0,0348-0,0357 mm (Fahrullah *et al.*, 2021). Penggunaan *plasticizer* juga memberikan pengaruh dikarenakan *plasticizer* memiliki sifat yang hidrofilik sehingga akan

berpengaruh terhadap peningkatan kelarutan *film* serta kemampuan *film* dalam menyerap uap air (Suryadri *et al.*, 2020), selain itu juga molekul dari *plasticizer* memiliki peran untuk merusak serta menyusunnya kembali jaringan film antar molekul primer sehingga akan menimbulkan ruang kosong, oleh karena itu molekul *plasticizer* dapat memasuki rongga matriks *edible film* yang berdampak pada penebalan *film* yang dihasilkan (Rusli *et al.*, 2017; Sanyang *et al.*, 2016).

WVTR

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penggunaan jenis *plasticizer* yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P<0,05$) terhadap nilai WVTR *edible film* whey-gelatin. Karakteristik *plasticizer* termasuk bentuk, struktur dan ukuran pada umumnya mempengaruhi WVTR *edible film* (Kaewprachu *et al.*, 2018). *Plasticizer* gliserol menghasilkan nilai WVTR tertinggi dibandingkan dengan sorbitol dan PEG 400, hal ini dikarenakan bahwa *plasticizer* gliserol dapat mengurangi gaya antar molekul pada rantai polimer dan meningkatkan pelepasan air oleh polimer.

Sifat hidrofilik dan hidroskopis gliserol memungkinkan dengan mudah menarik molekul air yang dapat membentuk ikatan kompleks sehingga akan menghasilkan lebih banyak air yang melewati jaringan *edible film* (Nuanmano *et al.*, 2015). Penelitian Chang & Nickerson (2014) yang mengamati *film* isolat protein kanola yang menggunakan *plasticizer* gliserol menunjukkan nilai WVTR tertinggi. Rezaei & Motamedzadegan (2015) melaporkan bahwa *edible film* gelatin yang dipolimerasi dengan gliserol menunjukkan WVTR yang lebih besar ($13 \text{ g/mm}^{-1}\text{kPa/h}^{-1}\text{m}^2$) dibandingkan dengan *edible film* gelatin yang dipolimerisasi dengan sorbitol ($2,1 \text{ g/mm}^{-1}\text{kPa/h}^{-1}\text{m}^2$).

Sifat hidrofilik gliserol menginduksi penyerapan molekul air sehingga dapat meningkatkan nilai WVTR *edible film* (Kaewprachu *et al.*, 2018). Berat molekul gliserol lebih rendah dibandingkan dengan berat molekul sorbitol dan PEG yang berarti dapat diposisikan diantara matriks protein sehingga memiliki efisiensi pemlastis yang lebih baik daripada sorbitol dan PEG (Lim *et al.*, 2020; Orsuwan & Sothornvit, 2018). WVTR secara langsung dipengaruhi oleh mobilitas rantai polimer dan ketebalan *edible film* serta jenis dan jumlah

plasticizer yang digunakan (Mihalca et al., 2021).

Kadar air

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penggunaan jenis *plasticizer* yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan yang nyata ($P > 0,05$) terhadap kadar air *edible film* whey-gelatin. Nilai kadar air yang dihasilkan pada penelitian ini masih sesuai dengan syarat mutu *edible film* menurut SNI (1995) bahwa memiliki kadar air maksimum 16%. *Plasticizer* gliserol, sorbitol dan PEG 400 yang digunakan memiliki sifat higroskopis yang dapat menyebabkan *plasticizer* ini dapat menarik air dari lingkungan sekitarnya sehingga dapat mempengaruhi kandungan kadar air yang dihasilkan (Negara, 2014; Riyanto et al., 2017). Penggunaan *plasticizer* gliserol menghasilkan nilai kadar air (%) yang rendah dibandingkan dengan sorbitol dan PEG 400, hal ini sejalan dengan penelitian Hendra et al. (2015) yang menggunakan campuran tapioka dan gelatin menghasilkan kadar air 10,46-13,88%.

Gliserol merupakan senyawa gliserida sederhana yang memiliki sifat hidrofilik serta hidroskopik sehingga akan lebih mudah berikatan dengan komponen air, penambahan konsentrasi gliserol juga dapat menjadi sumbangsih terhadap kadar air dikarenakan memiliki kemampuan dalam menahan air (Rusli et al., 2017). Berdasarkan sifat mekanik, gliserol merupakan *plasticizer* yang lebih efisien dibandingkan dengan sorbitol dan PEG (Sitompul & Zubaidah, 2017). Kadar air *edible film* whey-gelatin akan berpengaruh terhadap ketahanan dalam proses mengemas suatu produk pangan, dimana kandungan kadar air yang lebih rendah akan melindungi produk yang dikemas dibandingkan dengan *edible film* dengan kandungan kadar air tinggi (Rahmi et al., 2022).

Kesimpulan

Penggunaan gliserol sebagai *plasticizer* menghasilkan karakteristik *edible film* yang paling baik dibandingkan dengan sorbitol dan PEG 400 yakni nilai ketebalan 0,0350 mm; WVTR 6,22 g/mm²/hari dan kadar air sebesar 12,55%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM (Lembaga Penelitian dan

Pengabdian kepada Masyarakat) Universitas Mataram dengan sumber dana penelitian DIPA BLU untuk mendanai penelitian ini (No: 2246/UN18.L1/PP/2023).

Referensi

- ASTM E .(1995). Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials, E 96/E 96M - 05. *ASTM International*.
- Badan Standarisasi Nasional. (1995). Mutu dan Cara Uji Gelatin. SNI 01-3735-1995.
- Bakry, N. F., Isa, M. I. N., & Sarbon, N. M. (2017). Effect of Sorbitol at Different Concentrations on The Functional Properties of Gelatin/Carboxymethyl Cellulose (CMC)/Chitosan Composite Films. *International Food Research Journal*, 24(4): 1753-1762.
- Chang, C., & Nickerson, M. T. (2014). Effect of plasticizer-Type and Genipin on The Mechanical, Optical, and Water Vapor Barrier Properties of Canola Protein Isolate-Based Edible Films. *European Food Research and Technology*, 238(1): 35-46. <https://doi.org/10.1007/s00217-013-2075-x>
- Chen, H., Wang, J., Cheng, Y., Wang, C., Liu, H., Bian, H., Pan, Y., Sun, J., & Han, W. (2019). Application of Protein-based Films and Coatings for Food Packaging: A Review. *Polymers*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/polym11122039>
- Dick, M., Costa, T. M. H., Gomaa, A., Subirade, M., Rios, A. D. O., & Flôres, S. H. (2015). Edible Film Production from Chia Seed Mucilage: Effect of Glycerol Concentration on Its Physicochemical and Mechanical Properties. *Carbohydrate Polymers*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.05.040>
- Fahrullah, F., Radiati, L. E., Purwadi, P., & Rosyidi, D. (2020a). The Effect of Different Plasticizers on the Characteristics of Whey Composite Edible Film. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 15(1): 31-37. <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2020.015.01.4>
- 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.
<https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.1.31>
- Fahrullah, F. (2021). Penggunaan Minyak Cengkeh dalam Aplikasi Edible Film Whey Terhadap Karakteristik Kimiawi dan Mikrobiologis Keju Gouda. *AGROINTEK*, 15(2): 592-600.
<https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i2.10060>
- 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, Ervandi, M., & Rosyidi, D. (2021). Characterization and Antimicrobial Activity of Whey Edible Film Composite Enriched with Clove Essential Oil. *Tropical Animal Science Journal*, 44(3): 369-376.
<https://doi.org/10.5398/tasj.2021.44.3.369>
- Fahrullah, F., Noersidiq, A., & Maruddin, F. (2022). Effects of Glycerol Plasticizer on Physical Characteristic of Whey-Konjac Films Enriched with Clove Essential Oil. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 9(4): 226–233.
<https://doi.org/10.18502/jfqhc.9.4.11377>
- Fatma, Malaka, R., & Taufik, M. (2015). Karakteristik Edible Film Berbahan Whey Dangke dan Agar dengan Menggunakan Gliserol dengan Presentase Berbeda. *Jurnal dan Ilmu Teknologi Peternakan*, 4(2): 63-69.
<https://doi.org/10.20956/jitp.v4i2.812>
- Fransiska, D., Giyatmi, Basmal, J., & Susanti, E. (2020). The Effect of Organic Powdered Cottonii Concentration and Types of Plasticizers on The Characteristics of Edible Film. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 483(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/483/1/012008>
- Guerrero, P., & de la Caba, K. (2017). Protein-based Films and Coatings. In *Edible Food Packaging: Materials and Processing Technologies*.
<https://doi.org/10.1201/b19468>
- Haq, M. A., Jafri, F. A., & Hasnain, A. (2016). Effects of Plasticizers on Sorption and Optical Properties of Gum Cordia Based Edible Film. *Journal of Food Science and Technology*, 53(6).
<https://doi.org/10.1007/s13197-016-2227-7>
- 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://doi.org/10.33508/jtpg.v14i2.1547>
- JIS. (1975). Japanese Industrial Standard Z 1707. Japan: Japanese Standards Association.
- Kaewprachu, P., Osako, K., Benjakul, S., Tongdeesontorn, W., & Rawdkuen, S. (2016). Biodegradable Protein-based Films and Their Properties: A Comparative Study. *Packaging Technology and Science*, 29(2): 77-90.
<https://doi.org/10.1002/pts.2183>
- Kaewprachu, P., Osako, K., & Rawdkuen, S. (2018). Effects of Plasticizers on The Properties of Fish Myofibrillar Protein Film. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8).
<https://doi.org/10.1007/s13197-018-3226-7>
- Lim, W. S., Ock, S. Y., Park, G. D., Lee, I. W., Lee, M. H., & Park, H. J. (2020). Heat-sealing Property of Cassava Starch Film Plasticized with Glycerol and Sorbitol. *Food Packaging and Shelf Life*, 26.
<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100556>
- Maniglia, B. C., De Paula, R. L., Domingos, J. R., & Tapia-Blácido, D. R. (2015). Turmeric Dye Extraction Residue for Use in Bioactive Film Production: Optimization of Turmeric Film Plasticized with Glycerol. *LWT*, 64(2).
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.025>
- Maruddin, F., Ratmawati, R., Fahrullah, F., & Taufik, M. (2018). Karakteristik Edible Film Berbahan Whey Dangke dengan Penambahan Karagenan (*Jurnal Veteriner*, 19(2): 291-297.

- <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2018.19.2.291>
- Mihalca, V., Kerezsi, A. D., Weber, A., Grubertraub, C., Schmucker, J., Vodnar, D. C., Dulf, F. V., Socaci, S. A., Fărcaș, A., Mureșan, C. I., Suharoschi, R., & Pop, O. L. (2021). Protein-based Films and Coatings for Food Industry Applications. *Polymers*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/polym13050769>
- Murrieta-Martínez, C. L., Soto-Valdez, H., Pacheco-Aguilar, R., Torres-Arreola, W., Rodríguez-Felix, F., & Márquez Ríos, E. (2018). Edible Protein Films: Sources and Behavior. *Packaging Technology and Science*, 31(3). <https://doi.org/10.1002/pts.2360>
- Negara, I. M. S. & Simpen, I. N. (2014). Sintesis dan Karakterisasi Edible Film Berbahan Baku Gelatin Hasil Isolasi Kulit Ceker Ayam Broiler. *Jurnal Kimia*, 8(1): 120-126. <https://doi.org/10.24843/JCHEM.2014.v08.i01.p19>
- Nuanmano, S., Prodpran, T., & Benjakul, S. (2015). Potential Use of Gelatin Hydrolysate as Plasticizer in Fish Myofibrillar Protein Film. *Food Hydrocolloids*, 47. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.005>
- Otoni, C. G., Avena-Bustillos, R. J., Azeredo, H. M. C., Lorevice, M. V., Moura, M. R., Mattoso, L. H. C., & McHugh, T. H. (2017). Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables—A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12281>
- Rahmi, Q. F., Wulandari, E., & Gumilar, J. (2022). Pengaruh Konsentrasi Gliserol pada Gelatin Kulit Kelinci terhadap Kadar Air, Ketebalan Film, dan Laju Transmisi Uap Air Edible Film. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 3(1): 19-31. <https://doi.org/10.24198/jthp.v3i1.39444>
- Rezaei, M., & Motamedzadegan, A. (2015). The Effect of Plasticizers on Mechanical Properties and Water Vapor Permeability of Gelatin-Based Edible Films Containing Clay Nanoparticles. *World Journal of Nano Science and Engineering*, 05(04). <https://doi.org/10.4236/wjnse.2015.54019>
- Riyanto, D. N., Utomo, A. R., & Setijawati, E. (2017). Pengaruh Penambahan Sorbitol Terhadap Karakteristik Fisikokimia Edible Film Berbahan Dasar Pati Gandum. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Gizi*, 16(1): 14-20. <https://doi.org/10.33508/jtpg.v16i1.1386>
- Ruiz-Navajas, Y., Viuda-Martos, M., Barber, X., Sendra, E., Perez-Alvarez, J. A., & Fernández-López, J. (2015). Effect of Chitosan Edible Films added with Thymus Moroderi and Thymus Piperella Essential Oil on Shelf-Life of Cooked Cured Ham. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10). <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1733-3>
- Rusli, A., Metusalach, M., Salengke, S. & Tahir, M. M. (2017). Karakterisasi Edible Film Karagenan Dengan Pemplastis Gliserol. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2): 219-229. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.17499>
- Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., & Sahari, J. (2016). Effect of Plasticizer Type and Concentration on Physical Properties of Biodegradable Films Based on Sugar Palm (Arenga pinnata) Starch for Food Packaging. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1). <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2009-7>
- Sitompul, A. J. W. S., & Zubaidah, E. (2017). Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Plasticizer terhadap Sifat Fisik Edible Film Kolang Kaling (Arenga pinnata). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 5(1): 13-25.
- Spotti, M. L., Cecchini, J. P., Spotti, M. J., & Carrara, C. R. (2016). Brea Gum (from *Cercidium praecox*) as a Structural Support for Emulsion-Based Edible Films. *LWT*, 68: 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.018>
- Sukhija, S., Singh, S., & Riar, C. S. (2016). Analyzing The Effect of Whey Protein Concentrate and Psyllium Husk on Various Characteristics of Biodegradable Film From Lotus (*Nelumbo nucifera*)

Rhizome Starch. *Food Hydrocolloids*, 60.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.03.023>
Suryadri, H., Andriani, R., Aditya D., M. G., &
M., D. (2020). Perbandingan Penambahan

CMC dan Sorbitol dengan Penambahan
Gelatin dan Gliserol terhadap Edible Film
yang Terbuat dari Limbah Cair Tahu.
Chempublish Journal, 5(2): 93-104.
<https://doi.org/10.22437/chp.v5i2.8872>