

Protein-Based Films with Different Glycerol Concentrations: Thickness, Gelation Time and Microstructure

Novi Ayunita¹ & Fahrullah Fahrullah^{1*}

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

Article History

Received : April 25th, 2024

Revised : May 15th, 2024

Accepted : Juny 06th, 2024

*Corresponding Author:

Fahrullah Fahrullah,

Program Studi Peternakan,

Fakultas Peternakan,

Universitas Mataram, Nusa

Tenggara Barat, Indonesia;

Email: fahrullah@unram.ac.id

Abstract: Edible films are thin films made of hydrophilic materials such as protein, which function as packaging materials that provide a preservation effect, act as a barrier to oxygen, reduce water evaporation, and improve product appearance. The objective of this study was to ascertain the impact of varying glycerol concentrations on the thickness, gelation time, and microstructure of protein-based films. This study employed a Completely Randomized Design with three treatments and three replicates. The treatments consisted of G1: 1.25 ml glycerol; G2: 1.5 ml; and G3: 1.75 ml. The protein-based film produced thickness values of 0.215-0.288 mm, gelation time of 1380-1381 seconds and uniform microstructure. The glycerol concentration of 1.25 ml produced the most favourable film characteristics, in comparison to other concentrations. These included a thickness value of 0.215 mm, a gelation time of 1380 seconds and a more continuous microstructure, characterised by an even distribution of the main film-forming components.

Keywords: Film; Gelatin; Glycerol; Whey.

Pendahuluan

Evolusi teknologi makanan telah menghasilkan banyak produk makanan baru, yang sebagian besar membutuhkan penggunaan kemasan. Sampah perumahan menyumbang sekitar 30% dari total bahan kemasan, dengan 13% dari jumlah ini terdiri dari kemasan plastik (Fahrullah & Ervandi, 2022). Meningkatnya keprihatinan tentang perlindungan lingkungan dan kebutuhan konsumen akan makanan yang sehat dan aman telah mendorong munculnya kemasan yang dapat dikonsumsi langsung dan dapat terurai secara hayati sebagai alternatif dari kemasan konvensional.

Teknologi pengolahan edible film terus dikembangkan untuk menciptakan kemasan yang aman untuk dikonsumsi sehingga dapat dijadikan kemasan sekunder (Hasnelly et al., 2015). Edible film adalah lapisan tipis yang terbuat dari bahan hidrofilik seperti protein, karbohidrat, lemak, atau kombinasi dari ketiganya. Film ini berfungsi sebagai kemasan yang dapat memberikan efek pengawetan, bertindak sebagai penghalang oksigen,

mengurangi penguapan air, dan meningkatkan penampilan produk. Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan edible film adalah protein (polipeptida), karbohidrat (polisakarida), dan lemak (lipid). (Masato dan Wahyuningtyas, 2022). Penggunaan edible film dalam bentuk lapisan tipis sangat cocok untuk pengemasan dan pelapisan produk di sektor pertanian, farmasi, industri, dan makanan.

Penggunaan protein sebagai bahan dasar kemasan biodegradable sangat efektif dalam proses pembuatan kemasan aktif karena dapat membawa zat aditif seperti antioksidan dan agen antimikroba (Abdelhedi et al., 2018; Adilah et al., 2018), serta memiliki sifat penghalang terhadap uap air (Cinelli et al., 2014). Beberapa penelitian telah dipublikasikan mengenai penggunaan protein whey untuk aplikasi kemasan, dan hasilnya sangat menjanjikan sebagai penghalang terhadap kelembapan, oksigen, lipid, dan aroma atau dengan mencampurkannya dengan bahan polimer lainnya. (Fahrullah, Ervandi, & Rosyidi, 2021; Fahrullah, Ervandi, Indrianti, et al., 2021; Fahrullah, 2021; Fahrullah et al.,

2022; Fahrullah, Kisworo, & Noersidiq, 2023; Fahrullah, Lilik, et al., 2023; Fahrullah, Kisworo, Bulkaini, et al., 2024; Fahrullah & Ervandi, 2022; Maruddin et al., 2018). Film berbasis gelatin umumnya memiliki sifat optik yang unggul dan kemampuan yang sangat efektif dalam menghalangi oksigen (Nilsuwan et al., 2017). Selain itu, film ini juga memiliki sifat mekanik yang baik serta kemampuan penghalang yang efektif terhadap gas, senyawa volatil, minyak, dan sinar UV (Kanmani & Rhim, 2014; Tongnuanchan et al., 2016). Protein dengan sifat hidrokoloid meningkatkan sifat mekanik seperti kekuatan tarik dan elastisitas pada pelapis dan film yang dapat dimakan. Karena itu, struktur jaringan dengan ikatan hidrogen pada zat-zat ini memberikan penghalang yang luar biasa terhadap oksigen dan CO₂ (Akram et al., 2019).

Penggunaan plasticizer pada bahan kemasan bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas, kemudahan pengolahan, dan daya regangnya (Chen et al., 2019). Penggabungan pemlastis dirancang untuk mengurangi gaya antarmolekul antara partikel penyusun polimer, yang dapat menghambat pembentukan tekstur yang rapuh pada film yang dapat dimakan (Hasnelly et al., 2015). Pada penelitian ini, gliserol diusulkan sebagai plasticizer yang akan digunakan. Gliserol merupakan plasticizer yang umum digunakan dalam industri makanan. Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, sebuah penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan konsentrasi gliserol yang berbeda terhadap ketebalan, lama gelasi dan mikrostruktur film berbahan dasar protein.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Mataram, pada bulan April hingga Mei 2024. Variabel penelitian yang digunakan adalah pemlastis gliserol dengan berbagai konsentrasi.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya petridish, tabung ukur, gelas ukur, erlenmeyer, *micrometer screw*,

thermometer, *hot plate stirrer*, *stopwatch*, *magnetic stirrer*, timbangan digital, dan timbangan digital. Selain itu juga bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah akuades, whey, silica gel, gliserol, dan gelatin,

Pembuatan Larutan Film

Larutan edible film dibuat dengan mencampurkan whey dengan gelatin dengan konsentrasi masing-masing 0,5 g dan 1 g, lalu ditambahkan akuades hingga total volume larutan mencapai 10 ml. Campuran dipanaskan menggunakan *hot plate stirrer* pada suhu 90°C±2 °C, dan diaduk dengan pengaduk magnetik pada kecepatan 250 rpm selama 30 menit. Pada menit ke-25, *plasticizer* gliserol sesuai dengan perlakuan. Setelah pemanasan selesai, larutan film dituangkan ke dalam cawan petri dan disimpan pada suhu ruang selama 24 jam sebelum dilakukan pengujian. (Fahrullah, Eka Radiati, et al., 2020)

Ketebalan Film

Ketebalan film yang diukur dengan menggunakan *micrometer screw*. Ketebalan rata-rata dihitung dari lima area film yang berbeda, termasuk empat tepi dan satu bagian tengah (Fahrullah, Radiati, et al., 2020; Maruddin et al., 2018; Sabil et al., 2021)

Lama Gelasi

Waktu gelasi diukur dengan mengamati lamanya waktu gelasi dalam detik (Fahrullah, Kisworo, & Noersidiq, 2023).

Mikrostruktur Film

Mikrostruktur film diukur dengan 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.

Analisis Statistik

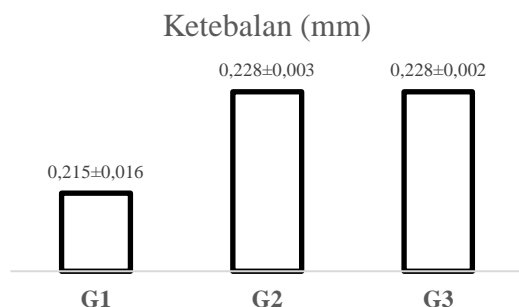
Rancangan Acak Lengkap digunakan dalam penelitian ini yang terdiri dari tiga perlakuan dengan tiga kali pengulangan, Perlakuan pada penelitian ini terdiri dari G1: Gliserol 1,25 ml; G2: Gliserol 1,5 ml dan G3: Gliserol 1,75 ml. Data dianalisis menggunakan

Analysis of Variance (ANOVA dan jika ditemukan perbedaan, dilanjutkan dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

Hasil dan Pembahasan

Ketebalan Film

Nilai ketebalan film dengan penggunaan gliserol berbagai konsentrasi disajikan pada Gambar 1.



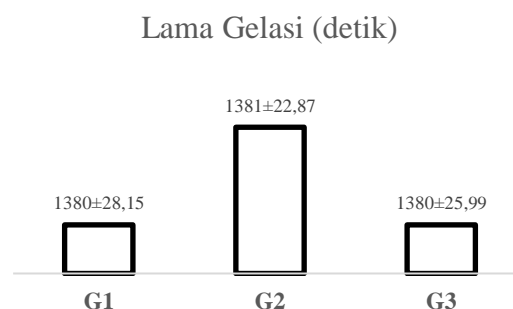
Gambar 1. Ketebalan film dengan konsentrasi Gliserol yang berbeda

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penggunaan gliserol dengan konsentrasi berbeda tidak memberikan perbedaan signifikan ($P>0,05$) terhadap nilai ketebalan film berbasis protein yang dihasilkan. (Pérez et al., 2016) juga melaporkan bahwa film yang dibuat dari konsentrat protein whey dan diplastisasi dengan gliserol tidak menunjukkan perbedaan ketebalan yang signifikan (0,126-0,138 mm). Rataan film yang dihasilkan pada penelitian ini yakni 0,215 sampai 0,228 mm, semakin tinggi konsentrasi gliserol yang ditambahkan, semakin tinggi ketebalan film yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh gliserol berperan dalam menyusun jaringan dalam film dan gliserol ini dapat masuk ke dalam rongga matriks film sehingga dapat menyebabkan penebalan (Rusli et al., 2017; Sanyang et al., 2016). Ketebalan film yang dihasilkan juga bergantung pada volume larutan, bahan penyusun film, dan luas permukaan film (Fahrullah, Kisworo, Bulkaini, et al., 2023; Fahrullah, Radiati, et al., 2020). Selain faktor tersebut, komposisi bahan yang dipergunakan juga dapat memberikan perbedaan ketebalan. Pada penelitian ini menggunakan polimer gelatin dimana polimer ini bersifat hidrokoloid yang dapat membentuk massa kental pada film (Mihalca et al., 2021). Selain itu,

kombinasi protein whey dan gelatin sebagai bahan penyusun dapat berkontribusi terhadap ketebalan film yang dihasilkan (Fahrullah, Kisworo, Bulkaini, et al., 2024). Ketebalan film yang telah dihasilkan pada penelitian ini telah memenuhi *Japanese Industrial Standard* yakni 0,25 mm.

Lama Gelasi Film

Lama gelasi film dengan penggunaan gliserol berbagai konsentrasi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lama gelasi film dengan konsentrasi Gliserol yang berbeda

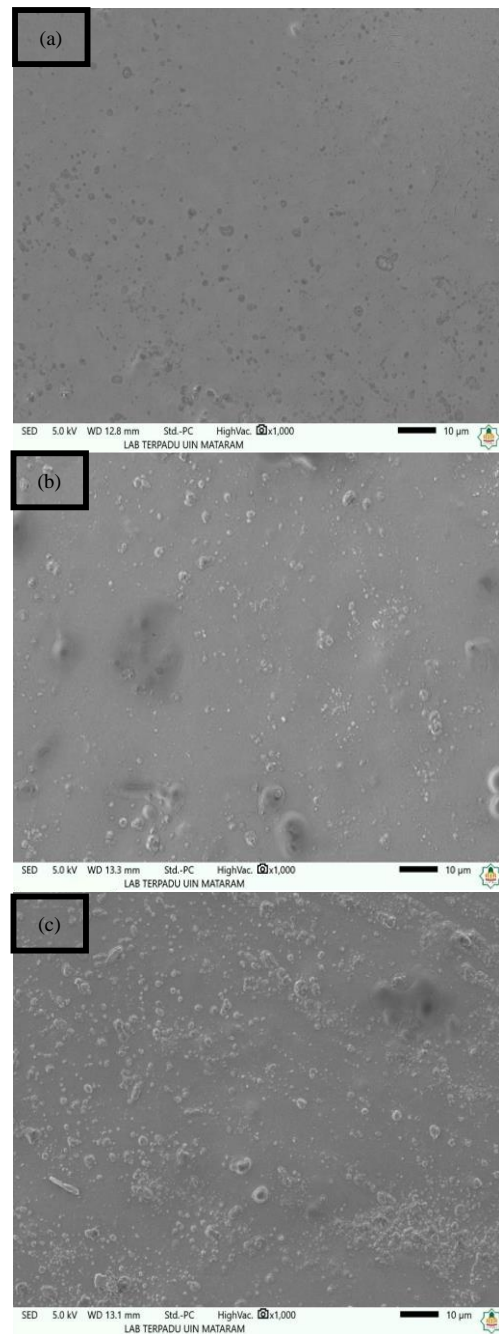
Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penggunaan gliserol dengan konsentrasi berbeda tidak memberikan perbedaan signifikan ($P>0,05$) terhadap nilai lama gelasi film berbasis protein. Secara umum, penambahan gliserol sebagai plasticizer pada film berbasis protein akan meningkatkan fleksibilitas dan menurunkan kekakuan film, yang berkontribusi pada waktu gelasi yang lebih lama karena proses pengeringan yang lebih lambat. Penentuan konsentrasi gliserol yang optimal sangat penting untuk mendapatkan keseimbangan antara fleksibilitas dan kekuatan mekanik film whey-gelatin, karena gliserol meningkatkan kelembapan dan fleksibilitas, ia juga dapat memperlambat waktu gelasi (waktu yang dibutuhkan untuk membentuk gel yang stabil) (Ghanbarzadeh & Almasi, 2011). Gliserol adalah humektan, yang berarti ia menarik air dari lingkungannya. Ini dapat memperlambat proses gelasi karena kehadiran air tambahan dapat menghambat pembentukan struktur jaringan yang kaku (Galus & Kadzińska, 2015). Penggunaan konsentrasi plasticizer juga ditujukan untuk mengurangi kekakuan polimer sehingga menghasilkan lapisan yang fleksibel

dan elastis dan (Fahrullah, Kisworo, & Noersidiq, 2023)

Mikrostruktur Film

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati struktur film berbasis protein dengan penambahan konsentrasi gliserol menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), penggunaan metode ini akan memperlihatkan partikel penyusun bahan yang terdapat dalam film (Fahrullah & Ervandi, 2021, 2022) serta untuk mempelajari hubungan antar sifat bahan penyusun film. Karakteristik morfologi juga ditentukan oleh komposisi bahan yang digunakan dan proses pembuatannya (Fahrullah, Kisworo, Noersidiq, et al., 2024). Mikrostruktur film yang dihasilkan pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 3 dengan menggunakan perbesaran 1.000 kali.

Morfologi permukaan secara signifikan dipengaruhi oleh atribut yang melekat pada komponen yang terkandung dalam film, interaksinya satu sama lain, dan kondisi selama proses pembuatan film (Haghighi et al., 2019). Pada penelitian ini menghasilkan bahwa kombinasi antara whey dan gelatin menghasilkan struktur permukaan yang relatif sama namun tetap memiliki perbedaan. Gambar 3a memperlihatkan mikrostruktur yang lebih kontinyu yang ditandai dengan distribusi secara merata dari komponen utama pembentuk film, hal ini menunjukkan bahwa terjadinya interaksi positif antara polimer whey-gelatin dengan plasticizer gliserol sehingga menghasilkan mikrostruktur yang lebih merata dan menunjukkan tidak adanya pemisahan fase yang jelas yang mengindikasikan interaksi dan kompatibilitas yang baik.



Gambar 3. Mikrostruktur film (a) gliserol 1,25 ml; (b) gliserol 1,5 ml dan (c) gliserol 1,75 ml.

Gambar 3b dan 3c juga menunjukkan permukaan struktur yang merata namun terdapat beberapa bagian yang menggumpal (partikel dengan bentuk granular) yang dapat dikaitkan dengan kehilangan air melalui penguapan yang mengakibatkan partikel yang tidak larut mengendap di permukaan film. Penambahan gliserol sebagai plasticizer sebagai pemlastis akan memberikan fleksibilitas yang lebih besar pada film dengan memfasilitasi pengikatan komponen-komponen molekul yang menyusunnya (Elmi et al., 2017). Selain itu, berat molekul gliserol, yang sebesar 92,09 g/mol, dapat mempengaruhi mikrostruktur film tersebut.. Saberi et al. (2017) menyatakan bahwa berat molekul yang lebih rendah menghasilkan matriks film yang homogen dan kompak. Hassan et al. (2018) juga melaporkan bahwa penambahan poliol (gliserol) menghasilkan mikrostruktur yang seragam.

Kesimpulan

Penggunaan konsentrasi gliserol sebesar 1,25 ml menghasilkan karakteristik film yang baik dibandingkan dengan konsentrasi lainnya yakni nilai ketebalan 0,215 mm, lama gelasi 1380 detik dan menghasilkan mikrostruktur yang lebih kontinyu yang ditandai dengan distribusi secara merata dari komponen utama pembentuk film dan menunjukkan tidak adanya pemisahan fase yang jelas yang mengindikasikan interaksi dan kompatibilitas yang baik

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing terkait telah mewadahi dan membantu pendanaan penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.

Referensi

Abdelhedi, O., Nasri, R., Mora, L., Jridi, M., Toldrá, F., & Nasri, M. (2018). In Silico Analysis and Molecular Docking Study of Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Peptides from Smooth-Hound Viscera Protein Hydrolysates Fractionated by Ultrafiltration. *Food Chemistry*, 239: 453-463. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.0>

6.112

- Adilah, A. N., Jamilah, B., Noranizan, M. A., & Hanani, Z. A. N. (2018). Utilization of Mango Peel Extracts on The Biodegradable Films for Active Packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.01.006>
- Elmi, K., Heny, H., & Yuli, E. (2017). Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubi kayu di Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 36(2): 67-76. DOI: <https://doi.org/10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76>
- Fahrullah, Ervandi, M., Indrianti, M. A., Suparwata, D. O., Yasin, I. A., Gobel, Y. A., Mokoolang, S., & Mokoginta, M. M. (2021). Mechanical properties of whey composite edible film with the addition of clove essential oil and different types of plasticizer. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 755(1). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/755/1/012004>
- 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. DOI: <https://doi.org/10.5398/tasj.2021.44.3.369>
- Fahrullah, F. (2021). Penggunaan Minyak Cengkeh dalam Aplikasi Edible Film Whey Terhadap Karakteristik Kimiawi dan Mikrobiologis Keju Gouda. *AGROINTEK*, 15(2): 592-600. DOI: <https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i2.10060>
- Fahrullah, F., Radiati, L. E., Purwadi, & Rosyidi, D. (2020). The Physical Characteristics of Whey Based Edible Film Added with Konjac. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 8(1): 333-339. DOI: <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.1.31>
- Fahrullah, F., & Ervandi, M. (2021). Mikrostruktur Edible Film Whey Dangka dengan Penambahan Karagenan dan Plasticizer Sorbitol 35%. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Peternakan Tropis*, 6(2), 26–31. DOI: <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. DOI: <https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i3.12303>
- Fahrullah, F., Kisworo, D., Bulkaini, B., & Haryanto, H. (2023). The Effects of Plasticizer Types on Properties of Whey-Gelatin Films. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(3), 414–421. DOI: <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i3.5283>
- Fahrullah, F., Kisworo, D., Bulkaini, B., Yulianto, W., Wulandani, B. R. D., Ulkiyah, K., Kartika, K., & Rahmawati, L. (2024). Optimization of the Thickness, Water Vapour Transmission Rate and Morphology of Protein-Based Films Incorporating Glycerol and Polyethylene Glycol Plasticizers. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan (Indonesian Journal of Animal Science)*, 34(1), 11–20. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jiip.2024>
- Fahrullah, F., Kisworo, D., & Noersidiq, A. (2023). Edible Film Based on Whey-Chia Seed: Physical Characterization with Addition of Different Plasticizers. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 8554–8562. DOI: <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4978>
- Fahrullah, F., Kisworo, D., Noersidiq, A., Bulkaini, B., Yulianto, W., Wulandani, B. R. D., & Maslami, V. (2024). Microstructure Characterization of Whey Films Using Different Concentrations of Chia Seeds and 35% Sorbitol as Plasticizer. *Jurnal Pijar Mipa*, 19(2), 348–352. DOI: <https://doi.org/10.29303/jpm.v19i2.6589>
- Fahrullah, F., Lilik, R., Kartika, K., Kalisom, U., & Wahid, Y. (2023). Effect of whey protein on thickness, water vapour transmission rate, and water content of gelatin film. *Jurnal Pijar MIPA*, 18(6), 945–949. <https://doi.org/10.29303/jpm.v18i6.5680>
- 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>
- Fahrullah, F., Radiati, L. E., Purwadi, P., & Rosyidi, D. (2020). The Effect of Different Plasticizers on the Characteristics of Whey Composite Edible Film. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 15(1): 31-37. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2020.015.01.4>
- Galus, S., & Kadzińska, J. (2015). Food Applications of Emulsion-Based Edible Films and Coatings. *Trends in Food Science and Technology*, 45(2): 273-283. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.011>
- Ghanbarzadeh, B., & Almasi, H. (2011). Physical Properties of Edible Emulsified Films Based On Carboxymethyl Cellulose And Oleic Acid. *International Journal of Biological Macromolecules*, 48(1): 44-49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.09.014>
- Haghighi, H., Biard, S., Bigi, F., De Leo, R., Bedin, E., Pfeifer, F., Siesler, H. W., Licciardello, F., & Pulvirenti, A. (2019). Comprehensive Characterization of Active Chitosan-Gelatin Blend Films Enriched with Different Essential Oils. *Food Hydrocolloids*, 95: 33-42. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.04.019>
- Hasnelly, Nurminabari, I. S., & Nasution, M. E. U. (2015). Pemanfaatan Whey Susu Menjadi Edible Film Sebagai Kemasan Dengan Penambahan CMC, Gelatin dan Plasticizer. *Pasundan Food Technology Journal*, 2(1): 62-69.
- Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M., & Akhtar, N. (2018). Recent Advances on Polysaccharides, Lipids and Protein Based Edible Films and Coatings: A Review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109: 1095-1107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>
- Maruddin, F., Ratmawati, R., Fahrullah, F., & Taufik, M. (2018). Karakteristik Edible Film Berbahan Whey Dangke dengan Penambahan Karagenan. *Jurnal Veteriner*, 19(2): 291-297. DOI: <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2018.19.2.291>
- Mihalca, V., Kerezsi, A. D., Weber, A., Gruber-

- traub, 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. In *Polymers*, 13(5). DOI: <https://doi.org/10.3390/polym13050769>
- Pérez, L. M., Piccirilli, G. N., Delorenzi, N. J., & Verdini, R. A. (2016). Effect of Different Combinations of Glycerol and/or Trehalose on Physical And Structural Properties of Whey Protein Concentrate-Based Edible Films. *Food Hydrocolloids*, 56: 352-359
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.037>
- Rusli, A., Metusalach, Salengke, & Tahir, M. M. (2017). Karakterisasi Edible Film Karagenan Dengan Pemplastis Gliserol. *Jphpi 2017*, 20(2): 219-229. DOI: <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.17499>
- 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: 345-359. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.06.051>
- Sabil, S., Maruddin, F., Wahyuni, T., & Taufik, M. (2021). Edible Film Characteristics at Different Casein Concentrations. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 788(1). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/788/1/012115>
- 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): 326-336. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2009-7>