

## **Karakterisasi *Edible Film* Berbasis Protein: Kajian Ketebalan, Lama Gelasi dan Mikrostruktur Dengan Penambahan Polietilen Glikol**

*(Characterization of Protein-Based Edible film: A Study on Thickness, Gelation Time, and Microstructure with the Addition of Polyethylene Glycol)*

**Fahrullah, Farah Febryanti, Cis Anita, Basriani, Fitri, Azhary Noersidiq, Vebera Maslami**  
Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia  
Email: fahrullah@unram.ac.id

Diterima : 13 Nopember 2024/Disetujui : 30 Nopember 2024

### **ABSTRAK**

*Edible film* berbasis protein memiliki potensi untuk menjadi alternatif yang ramah lingkungan untuk plastik konvensional dalam kemasan makanan. *Edible film* ini dapat memperpanjang umur simpan produk makanan melalui cara alami. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkarakterisasi *edible film* berbasis protein dengan penambahan polietilen glikol sebagai pemlastis, dengan fokus pada tiga aspek utama: yaitu ketebalan, waktu gelasi dan struktur mikro. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap yang terdiri dari tiga perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan terdiri dari penggunaan berbagai konsentrasi polietilen glikol, yang ditetapkan sebagai P1 (35%), P2 (40%), dan P3 (45%). Tidak ada perbedaan yang signifikan ( $P>0,05$ ) yang diamati antara perlakuan dalam hal nilai ketebalan dan waktu gelasi. *Edible film* berbasis protein menunjukkan nilai ketebalan yang berkisar antara 0,075 hingga 0,124 mm, yang menunjukkan kepatuhan terhadap Standar Industri Jepang (JIS). Waktu gelasi yang diperlukan untuk film berkisar antara 13,67 hingga 16,33 menit. Struktur mikro dari *edible film* whey-gelatin dengan konsentrasi polietilen glikol yang tinggi menunjukkan ketidakteraturan pada permukaan film, yang ditandai dengan adanya area berpori dan retakan kecil. Ketidakteraturan ini mengakibatkan melemahnya ikatan antar molekul protein, yang menyebabkan struktur mikro yang lebih longgar dan kurang padat selama proses pengeringan, yang pada gilirannya menyebabkan pembentukan pori-pori dan retakan. Perlakuan yang optimal, seperti yang ditentukan oleh penelitian ini, adalah penggunaan polietilen glikol pada konsentrasi 35% dengan nilai ketebalan 0,075 mm, waktu gelasi 13,67 menit, dan menghasilkan struktur mikro yang lebih seragam dan halus.

**Kata Kunci:** *Edible Film*, Gelatin, Polietilen Glikol, Protein, Whey.

### **ABSTRACT**

A protein-based edible film has the potential to serve as an environmentally friendly alternative to conventional plastics in food packaging. It can extend the shelf life of food products through natural means. The objective of this study was to characterise protein-based edible film with the addition of polyethylene glycol as a plasticiser, with a focus on three main aspects: namely, thickness, gelation time and microstructure. This study employed a completely randomised design comprising three treatments and three replicates. The treatments comprised the utilisation of varying concentrations of polyethylene glycol, designated as P1 (35%), P2 (40%), and P3 (45%). No significant difference ( $P>0.05$ ) was observed between treatments in terms of thickness value and gelation time. The protein-based edible film exhibited thickness values that ranged from 0.075 to 0.124 mm, indicating compliance with the Japanese Industrial Standard. The gelation time required for the film ranged from 13.67 to 16.33 minutes. The microstructure of the whey-gelatin edible film with a high polyethylene glycol concentration exhibited irregularities on the film surface, characterised by porous areas and small cracks. These irregularities resulted in a weakening of the bond between protein molecules, leading to a looser and less dense microstructure during the drying process, which in turn caused the formation of pores and cracks. The optimal treatment, as determined by this study, is the utilisation of polyethylene glycol at a concentration of 35% with a thickness value of 0.075 mm, a gelation time of 13.67 minutes, and the generation of a more uniform and refined microstructure.

**Keywords:** Edible Film, Gelatin, Polyethylene Glycol, Protein, Whey.

## PENDAHULUAN

Dalam industri pangan, kemasan sangatlah penting dalam proses pengolahan dan pengawetan produk pangan. Fungsi utama dari pengemasan adalah melindungi produk pangan yang dikemasnya untuk mencegah proses pembusukan selama proses penyimpanan (Anukiruthika et al., 2020; Motelica et al., 2020), selain itu juga untuk melindungi produk makanan dari kelembaban, sinar UV serta kontaminasi bahan kimia (Avramescu et al., 2020). Disisi lain penggunaan kemasan konvensional menjadi masalah global dikarenakan memiliki sifat yang tidak terbarukan yang artinya tidak dapat terurai secara hayati di alam, untuk alasan ini maka diperlukan pengembangan kemasan yang bersifat *biodegradable* untuk dapat diaplikasikan ke produk pangan yang perlahan namun pasti untuk dapat menggantikan kemasan konvensional.

Beberapa dekade terakhir, banyak penggunaan dari bahan alami untuk pembuatan kemasan yang berasal dari bahan alami dari hewani dan nabati seperti whey, gelatin, konnyaku, karagenan (Fahrullah et al., 2021, 2020, 2022, 2023; Fahrullah & Ervandi, 2022). *Edible film* dari bahan tersebut dapat dijadikan sebagai kemasan alternatif yang dapat menggantikan kemasan plastik konvensional dan dapat bertindak sebagai matriks pembawa bahan antioksidan dan antimikroba (Abdelhedi et al., 2018; Mishra et al., 2018; Otoni et al., 2017). *Edible film* berbasis protein telah menjadi topik penelitian yang semakin menarik dalam industri pangan dikarenakan memiliki karakteristik yang ramah lingkungan, bersifat *biodegradable* dan memiliki potensi untuk dapat memperpanjang masa simpan produk tanpa meninggalkan residu

yang membahayakan (Otoni et al., 2017; Spotti et al., 2016; Sukhija et al., 2016). Protein yang digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah protein whey dan gelatin. Penelitian terkait penggunaan whey dalam aplikasi pembuatan *edible film* menghasilkan sifat penghalang yang baik terhadap kelembaban, lipid, oksigen dan aroma (Schmid & Müller, 2018). Selain itu juga, film berbasis gelatin memiliki sifat penghalang terhadap oksigen (Nilsuwan et al., 2017) serta terhadap senyawa volatil, gas, UV dan minyak (Tongnuanchan et al., 2016).

Dalam proses pembuatan *edible film* berbasis protein, ketebalan, lama pembentukan gel dan mikrostruktur menjadi faktor yang begitu penting dalam mempengaruhi sifat mekanik dan fungsional *edible film*. Ketebalan yang ideal dapat memberikan perlindungan efektif dalam proses produksi. Selain itu mikrostruktur juga dapat memperlihatkan struktur permukaan yang akan berkaitan dengan karakteristik fisik *edible film*.

Untuk mendapatkan *edible film* yang optimal, maka perlu penambahan *plasticizer* yang berfungsi untuk dapat meningkatkan fleksibilitas dari *edible film* itu sendiri. Salah satu *plasticizer* yang dapat digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah polietilen glikol. *Plasticizer* ini dapat membantu meningkatkan fleksibilitas, mengurangi kerapuhan serta dapat memperbaiki sifat mekanis *edible film* (Kaewprachu et al., 2018). Dengan adanya penambahan *plasticizer* ini diharapkan ketebalan dan mikrostruktur *edible film* dapat lebih seragam serta lama gelasi yang lebih singkat sehingga dapat memberikan hasil

yang lebih stabil dan mempermudah dalam proses pengaplikasian *edible film* dalam berbagai produk pangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi *edible film* berbasis protein dengan penambahan polietilen glikol sebagai *plasticizer* dengan fokus pada tiga aspek utama yakni ketebalan, lama gelasi dan mikrostruktur.

## METODE PENELITIAN

### Materi Penelitian

Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah desikator, *petridish*, *hot plate stirrer*, *magnetic stirrer*, erlenmeyer, tabung ukur, timbangan digital, gelas ukur, oven, *micrometer scrup*, termometer dan mikroskop elektron SEM JEOL JCM-7000. Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah whey, gelatin, polietilen glikol, akuades, silica gel dan kertas label.

### Preparasi *Edible film*

Bubuk whey dan bubuk gelatin digabungkan dengan perbandingan 1:1 untuk membuat larutan *edible film*, yang kemudian diencerkan dengan akuades hingga volumenya menjadi 50 ml. Selanjutnya larutan dipanaskan dengan suhu 90°C dengan menggunakan *hot plate stirrer*, larutan diaduk selama 30 menit dengan kecepatan 250 rpm dengan *magnetic stirrer*. *Plasticizer* polietilen glikol ditambahkan dengan konsentrasi 35%, 40%, dan 45% pada menit ke-25. Setelah itu, larutan film yang telah dipanaskan dipindahkan ke cawan petri dan dioven selama dua hari pada suhu 50°C. Sebelum prosedur pengujian dimulai, *film* tersebut disimpan di dalam ruangan dengan suhu kamar selama satu hari penuh (Modifikasi Fahrullah et al., 2020).

### Ketebalan

Ketebalan ditentukan dengan menggunakan mikrometer sekrup, dengan ketebalan rata-

rata dihitung dengan mengambil dari lima daerah yang berbeda dari *film*, termasuk empat tepi dan satu bagian tengah (Maruddin et al., 2018; Sabil et al., 2021).

### Lama Gelasi

Lama gelasi *edible film* ditentukan dengan mengamati lamanya waktu yang diperlukan untuk proses gelasi, yang dihitung dalam hitungan menit.

### Mikrostruktur

Mikroskop elektron SEM JEOL JCM-7000 digunakan untuk memeriksa mikrostruktur *edible film*. Setelah menyiapkan film yang dapat dimakan berukuran 0,5 × 0,5 cm, film tersebut dilapisi dengan emas dan karbon. Sampel kemudian diletakkan pada alat SEM sehingga mikrostruktur dapat terlihat.

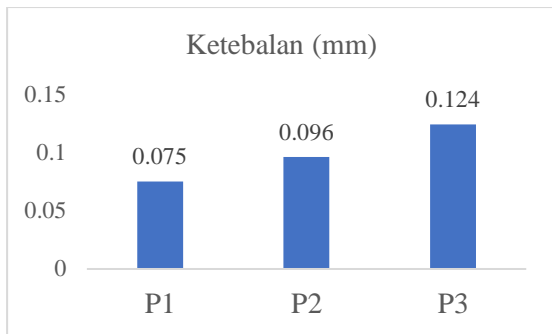
### Analisa Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap, dengan menggunakan polietilen glikol dengan konsentrasi yang berbeda. Perlakuan ditetapkan sebagai P1 (35%), P2 (40%), dan P3 (45%). Analisis yang digunakan adalah Analysis of Variance (ANOVA) dan jika ditemukan perbedaan yang signifikan, maka diuji menggunakan Duncan Multiple Range Test (DMRT).\

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Ketebalan

Ketebalan *edible film* yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ketebalan *edible film* dengan penambahan konsentrasi polietilen glikol

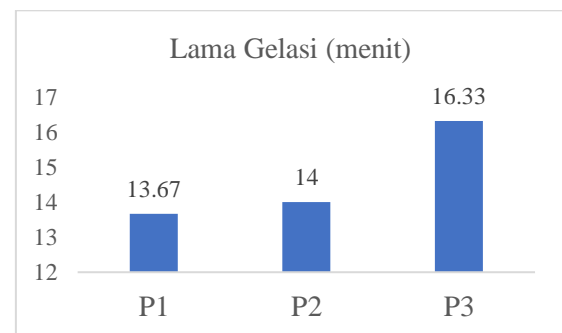
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi polietilen glikol yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan ( $P>0,05$ ) terhadap nilai ketebalan *edible film* yang dihasilkan, namun dalam penelitian ini menunjukkan semakin bertambah konsentrasi polietilen glikol maka semakin tebal *edible film* yang dihasilkan. Fenomena ini dapat dikaitkan dengan peran polietilen glikol sebagai *plasticizer* yang mampu meningkatkan mobilitas rantai polimer, sehingga memungkinkan matriks film untuk menyerap lebih banyak *plasticizer* dan menjadi lebih fleksibel serta lebih tebal. Hal ini sejalan dengan penelitian Sanyang et al. (2016) yang menyebutkan bahwa komposisi bahan, termasuk konsentrasi *plasticizer*, secara langsung mempengaruhi ketebalan dan sifat mekanis dari *edible film*. Selain itu, perbedaan ketebalan juga dapat terjadi akibat distribusi yang tidak merata dari bahan penyusun selama proses pembuatan *film*.

Rata-rata nilai ketebalan yang dihasilkan berkisar antara 0,075-0,124 mm. Penggabungan protein whey-gelatin dengan *plasticizer* polietilen glikol akan dapat mempengaruhi keselarasan dan pepadatan molekul selama proses pengeringan sehingga akan menghasilkan variasi ketebalan *edible film*. Film yang memiliki ketebalan yang tinggi merupakan film dengan kandungan total padatan yang tinggi

(Capitani et al., 2016). Hal ini dikarenakan polietilen glikol berkontribusi pada pengembangan jaringan dalam film. (Fera & Nurkholik, 2018) menyatakan bahwa ketebalan *edible film* dapat dipengaruhi oleh bahan baku, konsentrasi bahan dalam larutan serta volume larutan yang dituangkan ke dalam cetakan pada saat proses pencetakan. Ketebalan *edible film* merupakan faktor yang sangat penting dikarenakan dapat mempengaruhi penghalang dan sifat mekanik *edible film*. Oleh karena itu sangat penting untuk memastikan bahwa ketebalan *edible film* telah sesuai untuk dapat mempertahankan kualitas produk pangan yang optimal. Ketebalan film yang dihasilkan dalam penelitian ini telah memenuhi Japanese Industrial Standard (JIS) yakni maksimal 0,25 mm.

#### Lama Gelasi

Lama Gelasi *edible film* yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lama gelasi *edible film* dengan penambahan konsentrasi polietilen glikol

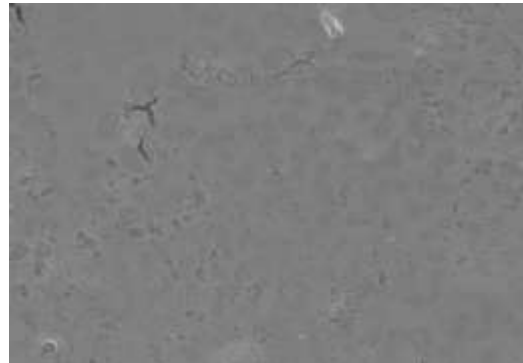
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi polietilen glikol yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan ( $P>0,05$ ) terhadap lama gelasi *edible film* yang dihasilkan. Rata-rata lama gelasi yang dihasilkan berkisar

antara 13,67-16,33 menit. Semakin tinggi konsentrasi polietilen glikol yang diberikan maka semakin lama pembentukan gel yang dihasilkan. Hal ini menandakan pada pemberian polietilen dengan konsentrasi rendah cenderung mempercepat proses gelasi dikarenakan terjadi peningkatan mobilitas molekul-molekul dari polimer whey dan gelatin dalam larutan. Polietilen glikol dengan konsentrasi rendah tidak banyak mengganggu interaksi antar protein, sehingga memungkinkan pembentukan jaringan gel yang stabil dan relatif cepat. Polietilen dengan konsentrasi yang lebih tinggi dapat memperlambat lama gelasi dikarenakan adanya gangguan yang lebih besar terhadap ikatan antar molekul protein whey dan gelatin, sehingga mengakibatkan jaringan gel membutuhkan waktu yang lebih lama untuk terbentuk. Selain itu juga faktor polimer gelatin yang bersifat hidrokoloid (Zhang et al., 2019) dengan gugus hidroksil yang dapat larut dalam air dan mampu membentuk gel sehingga membentuk larutan yang kental (Adawiyah dkk, 2022). Banyaknya gugus hidroksil yang terdapat pada hidrokoloid menyebabkannya lebih mudah larut dan mampu membentuk gel (Munir et al., 2017).

### **Mikrostruktur**

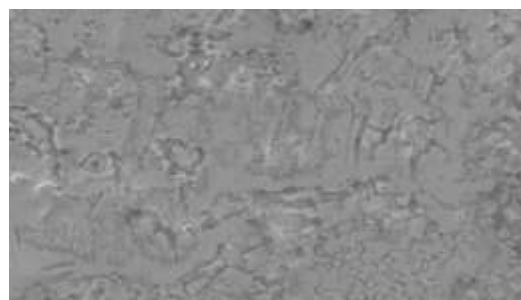
Pengamatan mikrostruktur bertujuan untuk memahami karakteristik *edible film*. Mikrostruktur *edible film* berbasis whey dan gelatin dengan tambahan polietilen glikol dianalisis menggunakan metode Scanning Electron Microscope (SEM). Pengamatan ini bermanfaat untuk mempelajari keterkaitan antara sifat-sifat material dengan struktur serta kemungkinan cacat yang ada pada bahan. Komposisi bahan dan proses yang tepat sangat mempengaruhi karakteristik *edible film*.

Observasi mikrostruktur film menjadi elemen penting untuk mengetahui sifat *film* secara mendalam (Fahrullah & Ervandi, 2022). Mikrostruktur yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3, 4 dan 5.



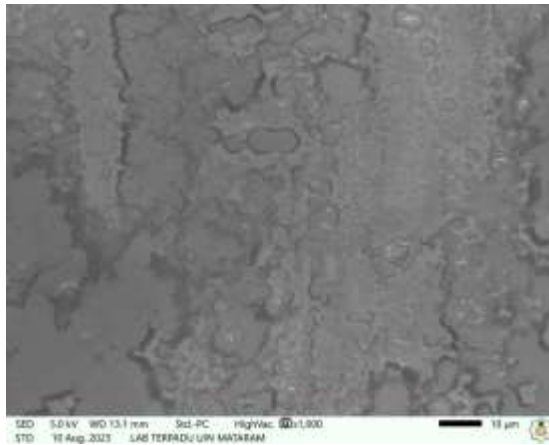
Gambar 3. Mikrostruktur *edible film* berbasis protein dengan penggunaan konsentrasi polietilen glikol 35%

Pengamatan menggunakan SEM mengungkapkan bahwa tekstur *edible film* terlihat lebih halus dan seragam, namun terdapat area berpori serta adanya retakan kecil pada beberapa titik. Penambahan konsentrasi 35% akan mempengaruhi ikatan antar molekul protein whey dan gelatin dalam film. Penggunaan konsentrasi polietilen glikol cenderung mengurangi kekuatan interaksi antar molekul protein, membuat mikrostruktur menjadi longgar dan kerapatannya berkurang sehingga mengakibatkan retakan dan pori-pori terbentuk selama proses pengeringan.



Gambar 4. Mikrostruktur *edible film* berbasis protein dengan penggunaan konsentrasi polietilen glikol 40%

Mikrostruktur yang dihasilkan memperlihatkan perubahan yang signifikan pada karakteristik maupun struktur permukaannya. Edible film ini diamati menggunakan SEM JEOL JCM-7000 mengungkapkan bahwa struktur permukaan *edible film* tidak merata dengan adanya area berpori dan struktur yang kasar. Pada Gambar 4 terlihat bahwa permukaan *edible film* memiliki beberapa area yang tampak berongga dan tidak padat. Pola ini menunjukkan bahwa semakin tinggi penggunaan konsentrasi polietilen glikol dapat menyebabkan interaksi molekul protein whey dan gelatin menjadi lebih longgar sehingga berdampak dalam mengurangi kekompakan jaringan *edible film*.



Gambar 5. Mikrostruktur *edible film* berbasis protein dengan penggunaan konsentrasi polietilen glikol 45%

Mikrostruktur yang dihasilkan dengan penggunaan konsentrasi polietilen glikol 45% memperlihatkan ukuran pori yang cenderung lebih besar dan distribusi yang kurang merata dibandingkan dengan Gambar 3 dan 4. Peningkatan konsentrasi polietilen glikol ini diduga menyebabkan plastisasi yang lebih tinggi pada matriks *film*, sehingga akan terbentuk pori-pori yang lebih besar dan struktur permukaan yang tidak teratur. Perbedaan inilah yang akan berimplikasi pada sifat fisik dan

mekanik *edible film* seperti laju transmisi uap air, kekuatan tarik dan elongasi *edible film*.

Fenomena ini juga berkontribusi pada heterogenitas film. Pembentukan variasi struktur ini mengindikasikan bahwa rantai polimer protein whey-gelatin tidak dapat mempertahankan struktur kohesifnya, sehingga mengakibatkan penurunan integritas struktural *film*. Temuan Zhang et al. (2019) sejalan dengan penelitian ini yang menunjukkan bahwa pada konsentrasi pemlastis yang tinggi, interaksi antara pemlastis dan polimer berkurang, yang berpuncak pada pembentukan *film* yang tidak seragam dan terdegradasi secara mekanis.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penambahan polietilen glikol dengan konsentrasi yang berbeda tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap ketebalan dan lama gelasi *edible film* berbasis whey-gelatin, meskipun semakin tinggi konsentrasi polietilen glikol cenderung meningkatkan ketebalan *film*. Pada lama gelasi, semakin rendah konsentrasi polietilen glikol, semakin cepat pembentukan gel terjadi, karena interaksi antar molekul protein whey dan gelatin tetap stabil dan tidak terganggu secara berlebihan. Sebaliknya, pada konsentrasi polietilen glikol yang lebih tinggi, proses gelasi menjadi lebih lambat akibat gangguan terhadap ikatan molekul yang menyebabkan jaringan membutuhkan waktu lebih lama untuk membentuk gel. Dalam hal ini, perlakuan dengan konsentrasi polietilen glikol 35% yang merupakan perlakuan terbaik, karena mampu menghasilkan struktur yang lebih kompak dan stabil dengan

waktu gelasi yang lebih cepat. Pada mikrostruktur, peningkatan konsentrasi polietilen glikol mengurangi kekompakan jaringan, menyebabkan terbentuknya pori-pori dan retakan yang berdampak pada heterogenitas dan penurunan integritas struktural film.

### Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait penggunaan jenis polietilen glikol dengan berat molekul berbeda untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat fisik dan mikrostruktur edible film, serta mengevaluasi apakah berat molekul yang lebih rendah atau lebih tinggi memberikan efek yang lebih optimal.

### DAFTAR PUSTAKA

- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.112>
- Adawiyah, D. R., Wefiani, F. P., & Patricia, K. (2022). Karakterisasi serat pangan, kapasitas pengikatan air dan kemampuan emulsifikasi biji selasih dan chia. *Jurnal Mutu Pangan: Indonesian Journal of Food Quality*, 8(2). <https://doi.org/10.29244/jmpi.2021.8.2.63>
- Anukiruthika, T., Sethupathy, P., Wilson, A., Kashampur, K., Moses, J. A., & Anandharamkrishnan, C. (2020). Multilayer packaging: Advances in preparation techniques and emerging food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(3). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12556>
- Avramescu, S. M., Butean, C., Popa, C. V., Ortan, A., Moraru, I., & Temocico, G. (2020). Edible and functionalized films/coatings-performances and perspectives. In *Coatings*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/coatings10070687>
- Capitani, M. I., Matus-Basto, A., Ruiz-Ruiz, J. C., Santiago-García, J. L., Betancur-Ancona, D. A., Nolasco, S. M., Tomás, M. C., & Segura-Campos, M. R. (2016). Characterization of biodegradable films based on *Salvia hispanica* L. protein and mucilage. *Food and Bioprocess Technology*, 9(8). <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1717-y>
- 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). <https://doi.org/10.5398/tasj.2021.44.3.369>
- Fahrullah, F., Eka Radiati, L., Purwadi, & Rosyidi, D. (2020). The physical characteristics of whey based *edible film* added with konjac. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 8(1). <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.1.31>
- 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>

- 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. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4978>
- 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>
- Fera, M., & Nurkholik. (2018). Kualitas Fisik *Edible film* yang diproduksi dari kombinasi gelatin kulit domba dan agar (*Gracilaria* sp). *Journal of Food and Life Sciences*, 2(1).
- 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>
- Mishra, D., Khare, P., Singh, D. K., Luqman, S., Ajaya Kumar, P. V., Yadav, A., Das, T., & Saikia, B. K. (2018). Retention of antibacterial and antioxidant properties of lemongrass oil loaded on cellulose nanofibre-poly ethylene glycol composite. *Industrial Crops and Products*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.01.077>
- Motelica, L., Ficai, D., Ficai, A., Oprea, O. C., Kaya, D. A., & Andronescu, E. (2020). Biodegradable antimicrobial food packaging: Trends and perspectives. In *Foods*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/foods9101438>
- Munir, M., Qayyum, A., Raza, S., Siddiqui, N. R., Mumtaz, A., Safdar, N., Shible, S., Afzal, S., & Bashir, S. (2017). Nutritional assessment of basil seed and its utilization in development of value added beverage. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 30(3). <https://doi.org/10.17582/journal.pjar/2017.30.3.266.271>
- Nilsuwan, K., Benjakul, S., & Prodpran, T. (2017). Properties, microstructure and heat seal ability of bilayer films based on fish gelatin and emulsified gelatin films. *Food Biophysics*, 12(2). <https://doi.org/10.1007/s11483-017-9479-2>
- 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>
- 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>
- Schmid, M., & Müller, K. (2018). Whey protein-based packaging films and coatings. *Whey Proteins: From Milk to Medicine*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812124-5.00012-6>



- 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*. <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>
- Tongnuanchan, P., Benjakul, S., Prodpran, T., Pisuchpen, S., & Osako, K. (2016). Mechanical, thermal and heat sealing properties of fish skin gelatin film containing palm oil and basil essential oil with different surfactants. *Food Hydrocolloids*, *56*. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.005>
- Zhang, X., Ma, L., Yu, Y., Zhou, H., Guo, T., Dai, H., & Zhang, Y. (2019). Physico-mechanical and antioxidant properties of gelatin film from rabbit skin incorporated with rosemary acid. *Food Packaging and Shelf Life*, *19*. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.12.006>