

PENGEMBANGAN EDIBLE FILM BERBASIS WHEY KEDELAI DENGAN PENAMBAHAN MINYAK ATSIRI KAYU MANIS (*Cinnamomum burmannii*) SEBAGAI KEMASAN AKTIF PANGAN

*Development of Soybean-Whey-Based Edible Film with the Addition of Cinnamon Essential Oil (*Cinnamomum burmannii*) as Active Food Packaging*

Michael Kurnia Pratama Emiliano, Martina Widhi Hapsari*

*Program Studi Teknologi Pangan Universitas Nasional Karangturi Semarang
Jl. Raden Patah No.182-192, Kota Semarang, Jawa Tengah 50227*

**) Penulis Korespondensi : martina.widhi@unkartur.ac.id*

Submisi: 2.3.2026; Revisi: 25.4.2026; Penerimaan: 2.6.2026; Dipublikasikan: 1.12.2026
Dipublikasikan online: 23.7.2026

ABSTRAK

Limbah cair rebusan kedelai dari industri tempe memiliki potensi untuk mencemari lingkungan, namun di dalamnya terdapat 4,06% karbohidrat yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kemasan aktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *edible film* berbasis limbah cair (*whey*) kedelai dengan penambahan minyak atsiri kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) sebagai kemasan aktif pangan. Metode penelitian dilakukan dalam dua tahap menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Tahap pertama menguji variasi biopolimer tambahan melalui substitusi gelatin dengan karagenan (0%, 25%, dan 50%) untuk menentukan sifat fisik optimum. Tahap kedua menguji pengaruh penambahan konsentrasi minyak atsiri kayu manis (0%, 1%, 2%, dan 3%) terhadap aktivitas antioksidan dari variasi biopolimer terpilih. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi gelatin dengan 25% karagenan menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi sebesar 0,91 MPa dengan elongasi saat putus hingga 171,50% dan daya larut yang mencapai 96,55%. Sebagai kemasan aktif, penambahan minyak atsiri kayu manis berpengaruh signifikan terhadap peningkatan aktivitas antioksidan. Aktivitas antioksidan tertinggi ditemukan pada konsentrasi minyak atsiri 3% dengan inhibisi sebesar 69,90%. Penelitian ini menyimpulkan bahwa limbah cair rebusan kedelai berpotensi untuk dikembangkan menjadi kemasan aktif.

Kata Kunci: limbah kedelai cair, film edible, karagenan, gelatin, *Cinnamomum burmannii*.

ABSTRACT

The liquid waste from soybean boiling in the tempeh industry has the potential to pollute the environment; however, it contains 4.06% carbohydrates that can be utilized as raw material for producing active packaging. This study aimed to develop an edible film based on soybean liquid waste (*whey*) with the addition of cinnamon (*Cinnamomum burmannii*) essential oil for active food packaging. The research was conducted in two stages using a Completely Randomized Design. The first stage examined variations in additional biopolymers by substituting gelatin with carrageenan (0%, 25%, and 50%) to determine the optimum physical properties. In the second stage, the effect of adding different concentrations of cinnamon essential oil (0%, 1%, 2%, and 3%) on the antioxidant activity of the selected biopolymer was evaluated. The results showed that substituting gelatin with 25% carrageenan produced the highest tensile strength value of 0.91 MPa, with an elongation at break of 171.50% and solubility of 96.55%. As an active packaging material, the addition of cinnamon essential oil significantly increased the antioxidant activity. The highest antioxidant activity was observed at a 3% essential oil concentration, with an inhibition of 69.90%. This study concludes that soybean boiling liquid waste has a strong potential for development into active packaging.

Keywords: Soybean liquid waste, edible film, carrageenan, gelatin, *Cinnamomum burmannii*.

PENDAHULUAN

Tempe merupakan produk fermentasi kedelai yang termasuk ke dalam makanan tradisional di Indonesia. Proses pembuatan yang relatif tradisional memungkinkan industri tempe bermunculan di Indonesia (Alvina et al., 2019; Suknia dan Rahmani, 2020). Di sisi lain industri tempe menghasilkan sejumlah limbah. Di dalam pengolahan 1 kg kedelai menjadi tempe dapat dihasilkan limbah cair hingga 12,2 liter (Pakpahan et al., 2021). Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Sari dan Rahmawati (2020), ditemukan bahwa di setiap 100 g limbah cair yang berasal dari air rebusan kedelai mengandung 4,06 g karbohidrat yang dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan *edible film*.

Edible film merupakan lapisan tipis yang digunakan sebagai pelindung makanan dan umumnya dapat dikonsumsi secara langsung bersamaan dengan produk. Polisakarida dan polipeptida menjadi rantai biopolimer yang umum digunakan dalam pembuatan *edible film*. Untuk memperoleh sifat fisik dan mekanik tertentu dalam pengembangannya digunakan lebih dari satu jenis biopolimer (Galus et al., 2020). Pada riset yang dilakukan oleh Rusli et al. (2017), karagenan yang merupakan biopolimer dari golongan polisakarida telah digunakan sebagai biopolimer penyusun *edible film*. Di sisi lain, terdapat senyawa gelatin yang merupakan biopolimer dari golongan polipeptida yang biasa digunakan pada produk pangan (Mikhailov, 2023). Maka dari itu, gelatin dan karagenan dipilih sebagai biopolimer dalam pembentukan *edible film* pada riset kali ini. Selain penggunaan biopolimer, penambahan gliserol dapat mempengaruhi ikatan antar molekul dari biopolimer (Rusli et al., 2017). Gliserol merupakan senyawa yang larut dalam air, sehingga dapat dimanfaatkan dalam *edible film*. Penggunaan gliserol pada produk pangan juga umum digunakan sebagai pengemulsi dan juga penstabil (Mota et al., 2017). Pada riset ini penambahan gliserol diperlukan untuk meningkatkan elastisitas *edible film* yang terbentuk untuk mempermudah pengaplikasiannya pada produk pangan.

Kemasan aktif merupakan sistem kemasan yang berinteraksi langsung dengan produk dan mempengaruhi interaksinya terhadap lingkungan dengan melepaskan atau menyerap senyawa tertentu (Yildirim et al., 2018). Pada riset ini digunakan ekstrak kayu manis yang memiliki senyawa antioksidan. Senyawa antioksidan dapat memberikan kemampuan pada *edible film* untuk dapat menyerap radikal bebas dan melindungi produk dari kerusakan (Xu et al., 2019).

Studi ini dilakukan untuk menentukan komposisi optimum dari penambahan gelatin dan karagenan sebagai biopolimer tambahan terhadap karakteristik fisik *edible film* ditinjau dari nilai kuat tarik disertai kajian terhadap elongasi saat putus, ketebalan, dan daya larut. Terlebih lagi, dalam pengembangannya sebagai kemasan aktif juga dilakukan kajian untuk mengetahui pengaruh penambahan minyak atsiri kayu manis terhadap aktivitas antioksidan dari *edible film*.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Limbah cair rebusan kedelai diperoleh dari laboratorium fermentasi Universitas Nasional Karangturi Semarang, gliserol dan karagenan komersial yang dibeli dari MKR Chemical Semarang, serta gelatin komersial yang dibeli dari toko bahan bakery Harmony Mart Semarang. Ekstrak minyak atsiri kayu manis komersial dengan merek dagang Tetesan Atsiri.

Prosedur Penelitian

Riset dilakukan dalam dua tahap, setiap tahap menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 3 kali pengulangan. Tahap pertama dilakukan untuk menemukan komposisi biopolimer yang optimum untuk digunakan dengan meninjau sifat fisik yang dimiliki, melalui substitusi gelatin dengan karagenan sebesar (0%, 25%, dan 50%). Tahap kedua dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan minyak atsiri kayu manis terhadap sifat antioksidan film dengan komposisi biopolimer terpilih dari tahap pertama, melalui penambahan minyak atsiri kayu manis sebesar (0%, 1%, 2%, dan 3%) (v/v) dari volume air rebusan kedelai yang digunakan.

Pembuatan Film

Pembuatan film dilakukan dengan melarutkan 10 g biopolimer (gelatin – karagenan) dan 3,5 mL gliserol ke dalam 250 mL air limbah rebusan kedelai. Cairan antioksidan (minyak atsiri kayu manis – akuades) ditambahkan sebanyak 7,5 mL. Campuran kemudian dicetak ke dalam loyang silikon dan dilakukan pengeringan pada suhu 50 °C selama 24 jam, mengacu pada metode yang digunakan oleh Rusli et al. (2017).

Penentuan Komposisi Gelatin – Karagenan

Komposisi biopolimer yang digunakan adalah substitusi karagenan terhadap komposisi gelatin sebesar (0%, 25%, dan 50%) dengan perbandingan gelatin dan karagenan secara berturut turut (10 g : 0 g, 7,5 g : 2,5 g, dan 5 g : 5 g). Analisis sifat fisik kuat tarik berkaitan dengan pemanfaatannya sebagai kemasan aktif, selain itu analisis terhadap nilai elongasi, ketebalan dan daya larut juga dilakukan. Analisis kuat tarik, elongasi, dan ketebalan menggunakan *Universal Testing Machine* HT-2402. Analisis daya larut mengacu pada metode yang digunakan oleh Rusli et al. (2017).

Pengujian Aktivitas Antioksidan Minyak Atsiri Kayu Manis

Tahap kedua dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan minyak atsiri kayu manis terhadap sifat antioksidan film dengan komposisi biopolimer terpilih. Konsentrasi minyak atsiri kayu manis yang ditambahkan sebesar (0%, 1%, 2%, dan 3%) (v/v) dari volume air rebusan kedelai yang digunakan. Aktivitas antioksidan ditentukan dari persentase inhibisi pada metode RSA-DPPH (Gulcin dan Alwasel, 2023).

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) dilanjutkan dengan Duncan's Multiple Range Test (DMRT). Analisis data dilakukan dengan bantuan komputer program aplikasi Microsoft Excel 2024 dan Statistical Product and Service Solutions (SPSS) ver 27.0.1 for Windows.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat fisik pada film dipengaruhi oleh perbedaan komposisi biopolimer tambahan yang digunakan. Substitusi gelatin dengan karagenan sebesar 0%, 25%, dan 50% (w/w) memberikan pengaruh terhadap kuat tarik, elongasi saat putus, ketebalan, serta daya larut (Tabel 1).

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap sifat fisik *edible film*

Konsentrasi karagenan (%)	Kuat tarik (MPa)	Elongasi saat putus (%)	Ketebalan (mm)	Daya larut (%)
0	0,84±0,03 ^a	199,67±0,38 ^a	0,39±0,35	99,59±0,32 ^a
25	0,90±0,29 ^a	171,50±0,19 ^b	0,34±0,21	96,55±0,84 ^{ab}
50	0,64±0,17 ^b	53,83±1,07 ^c	0,37±0,73	95,52±0,43 ^b

Keterangan : Data (*mean* ± SD) diperoleh dari dua ulangan. Data dianalisis dengan ANOVA. Data pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata (DMRT, $p < 0,05$).

Substitusi karagenan sebesar 25% menunjukkan nilai kuat tarik tertinggi sebesar 0,90 MPa. Namun, tidak memiliki perbedaan yang signifikan dari kuat tarik film yang tidak disubstitusi dengan karagenan, yaitu sebesar 0,84 MPa. Substitusi karagenan sebesar 50% menghasilkan film dengan nilai kuat tarik yang lebih rendah, yaitu sebesar 0,64 MPa. Hal tersebut sejalan dengan studi yang dilakukan oleh Sulistyio et al. (2018) yang

melaporkan bahwa penambahan karagenan pada gelatin sampai dengan 1,2% menunjukkan model kuadratik (parabola negatif). Lebih jauh, Prasetyaningrum et al. (2021), melaporkan bahwa penggunaan karagenan juga menunjukkan *edible film* yang terbentuk memiliki kuat tarik yang relatif lebih rendah yaitu sebesar 0,699 MPa.

Substitusi karagenan memberikan pengaruh signifikan terhadap elongasi saat

putus dari *edible film* ($p < 0,05$). Nilai elongasi saat putus terbesar hingga terkecil secara berturut-turut ditemukan pada substitusi karagenan 0%, 25%, dan 50%. Hal tersebut menunjukkan, seiring dengan meningkatnya konsentrasi karagenan, nilai elongasi saat putus dari *edible film* justru mengalami penurunan. Akan tetapi, ketiga perlakuan menghasilkan kemampuan elongasi yang termasuk ke dalam kategori elongasi yang sangat baik ($>50\%$) menurut *Japanese Industrial Standard* (JIS). Di sisi lain ketebalan film dari ketiga perlakuan melebihi standar JIS $> 0,25\text{mm}$. Hal tersebut menunjukkan formulasi *edible film* menghasilkan struktur film yang lebih tebal yang kemungkinan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan penyusun dan total padatan pada bahan penyusun film (Silvia et al., 2024; Warkoyo et al., 2022; Hapsari et al., 2025).

Edible film yang terbentuk menunjukkan daya larut sebesar 95,52-99,59%. Penimbangan residu setelah perendaman tidak menunjukkan perbedaan signifikan dengan berat awal kertas saring. Hal tersebut menunjukkan bahwa *edible film* yang terbentuk memiliki tingkat kelarutan yang baik. Penggunaan gelatin pada *edible film* menghasilkan daya larut yang lebih tinggi dibandingkan *edible film* yang menggunakan karagenan saja pada riset terdahulu oleh Rusli et al. (2017), yaitu sebesar 60,51-74,20%.

Penambahan minyak atsiri memberikan pengaruh signifikan terhadap aktivitas antioksidan ($p < 0,05$) (Tabel 2). Seiring dengan peningkatan konsentrasi minyak atsiri, film mengalami peningkatan kemampuan untuk melakukan inhibisi radikal bebas. Hal tersebut sejalan dengan studi yang dilakukan oleh Ganeson et al. (2022) dan Xu et al., (2019), yang menunjukkan peningkatan konsentrasi minyak atsiri kayu manis dapat meningkatkan aktivitas antioksidan yang dimiliki oleh *edible film*. Pada riset yang dilakukan oleh Djarot et al. (2023), ekstrak kayu manis menunjukkan kemampuan antioksidan yang sangat aktif karena senyawa flavonoid yang terdapat di dalamnya. Selain itu menurut riset yang dilakukan oleh Rahayu et al. (2022), terdapat korelasi antara peningkatan senyawa flavonoid pada ekstrak kayu manis dengan aktivitas antioksidan yang dimiliki. Sehingga penambahan ekstrak kayu

manis ke dalam *edible film*, berpengaruh terhadap sifat antioksidan yang dimiliki oleh film karena adanya senyawa flavonoid. Dengan peningkatan kemampuan antioksidan tersebut, film yang terbentuk memiliki kemampuan aktif sehingga dapat mendorong pemanfaatannya sebagai kemasan aktif.

Tabel 2. Pengaruh konsentrasi minyak atsiri terhadap aktivitas antioksidan *edible film*

Konsentrasi minyak atsiri (%)	% Inhibisi
0	6,96 $\pm$ 0,55 ^a
1	35,02 $\pm$ 0,71 ^b
2	58,08 $\pm$ 0,63 ^c
3	69,90 $\pm$ 0,82 ^d

Keterangan : Data (*mean* $\pm$ SD) diperoleh dari dua ulangan. Data dianalisis dengan ANOVA. Data yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata (DMRT, $p < 0,05$).

KESIMPULAN

Air limbah rebusan kedelai dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan *edible film*. Komposisi biopolimer tambahan yang menghasilkan kuat tarik tertinggi adalah 75% gelatin dan 25% karagenan dengan kemampuan elongasi maksimal hingga 171,50%. Biopolimer yang terbentuk menunjukkan tingkat kelarutan antara 95,52-99,59%. Sifat antioksidan film mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan konsentrasi minyak atsiri kayu manis, dengan aktivitas antioksidan tertinggi sebesar 69,90% pada penambahan minyak atsiri kayu manis sebesar 3%. Hal tersebut menunjukkan potensi *edible film* untuk dikembangkan menjadi kemasan aktif yang dapat melindungi produk dari radikal bebas.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvina, A., Hamdani, D., Jumiono, A., 2019. Proses Pembuatan Tempe Tradisional. Jurnal Pangan Halal 1(1), 9-11.
- Djarot, P., Yulianita, Utami, N.F., Putra, A.M., Putri, Y.I.M., Muhardianty, S.M., Suciyani, T.A., Syaepulrohman, A., 2023. Bioactivities and chemical

- compositions of *Cinnamomum burmannii* bark extracts (Lauraceae). Sustainability 15(2), 1696. <https://doi.org/10.3390/su15021696>
- Galus, S., Kibar, E.A.A., Gniewosz, M., Kraśniewska, K., 2020. Novel materials in the preparation of edible films and coatings-A review. Coatings 10(7), 674. <https://doi.org/10.3390/coatings10070674>
- Ganeson, K., Razifah, M.R., Mubarak, A., Kam, A., Vigneswari, S., Ramakrishna, S., 2022. Improved functionality of cinnamon oil emulsion-based gelatin films as potential edible packaging film for wax apple. Food Biosci. 47, 101638. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101638>
- Gulcin, İ., Alwasel, S.H., 2023. DPPH radical scavenging assay. Processes 11(8), 2248. <https://doi.org/10.3390/pr11082248>
- Mikhailov, O.V., 2023. Gelatin as it is: History and modernity. Int. J. Mol. Sci. 24(4), 3583. <https://doi.org/10.3390/ijms24043583>
- Mota, C.J.A., Pinto, B.P., de Lima, A.L., 2017. Glycerol: A Versatile Renewable Feedstock for the Chemical Industry. Springer, Berlin.
- Pakpahan, M.R.R.B., Ruhiyat, R., Hendrawan, D.I., 2021. Karakteristik air limbah industri tempe (Studi kasus: industri tempe Semanan, Jakarta Barat). Jurnal Bhuwana 1(2), 164–172. <https://doi.org/10.25105/bhuwana.v1i2.12535>
- Prasetyaningrum, A., Utomo, D.P., Raemas, A.F.A., Kusworo, T.D., Jos, B., Djaeni, M., 2021. Alginate/κ-carrageenan-based edible films incorporated with clove essential oil: Physico-chemical characterization and antioxidant-antimicrobial activity. Polymers (Basel). 13, 1–16. <https://doi.org/10.3390/polym13030354>
- Rahayu, D.U.C., Hakim, R.A., Mawarni, S.A., Satriani, A.R., 2022. Indonesian cinnamon (*Cinnamomum burmannii*): extraction, flavonoid content, antioxidant activity, and stability in the presence of ascorbic acid. Cosmetics 9(3), 57. <https://doi.org/10.3390/cosmetics9030057>
- Rusli, A., Metusalach, M., Tahir, M.M., 2017. Characterization of carrageenan edible films plasticized with glycerol. J. Pengolah. Has. Perikan. Indones. 20(2), 219. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.17499>
- Sari, D., Rahmawati, A., 2020. Pengelolaan limbah cair tempe air rebusan dan air rendaman kedelai. Jurnal Ilmiah Kesehatan Media Husada 9, 47–54. <https://doi.org/10.33475/jikmh.v9i1.210>
- Silvia, D., Zulkarnain, Fadhilah, R.I., Kamilah, H., Shah, N.N.A.K., 2024. Effect of ginger (*Zingiber officinale*) extracts on mechanical and antimicrobial properties of ganyong starch edible films as primary packaging of crabstick. Trends in Sciences 21(7), 7711. <https://doi.org/10.48048/tis.2024.7711>
- Suknia, S.L., Rahmani, T.P.D., 2020. Proses pembuatan tempe home industry berbahan dasar kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) dan kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.) di Candiwesi, Salatiga. Southeast Asian Journal of Islamic Education 3, 59–76. <https://doi.org/10.21093/sajie.v3i1.2780>
- Sulistyo, F.T., Utomo, A.R., Setijawati, E., 2018. Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap karakteristik fisikokimia edible film berbasis gelatin. Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi 17(2), 75–80.
- Warkoyo, W., Haris, M.A., Wahyudi, V.A., 2022. The physical, mechanical, barrier characteristics, and application of edible film from yellow sweet potato

- and aloe vera gel. *agriTECH* 42(4), 390-399.
<https://doi.org/10.22146/agritech.68633>
- Xu, T., Gao, C.C., Feng, X., Yang, Y., Shen, X., Tang, X., 2019. Structure, physical and antioxidant properties of chitosan-gum arabic edible films incorporated with cinnamon essential oil. *Int. J. Biol. Macromol.* 134, 230–236.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.189>
- Yildirim, S., Röcker, B., Pettersen, M.K., Nilsen-Nygaard, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., Radusin, T., Suminska, P., Marcos, B., Coma, V., 2018. Active packaging applications for food. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 17(1), 165-199. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12322>