

PENGARUH PENAMBAHAN MINYAK ATSIRI CENGKEH PADA *EDIBLE FILM* BERBASIS PEKTIN KULIT PISANG TERHADAP KANDUNGAN VITAMIN C DAN TOTAL PLATE COUNT BUAH APEL POTONG

Myra Wardati Sari¹⁾, Berta Khairun Nissa²⁾
Program Studi Teknik Kimia, Politeknik TEDC^{1),2)}
Email: myrawardatisari@poltektedc.ac.id¹⁾, berth3394@gmail.com²⁾

Abstrak

Tanaman pisang (*Musaceae sp.*) merupakan salah satu tanaman penghasil buah terbanyak di Indonesia, tingginya produksi buah pisang akan berbanding lurus dengan limbah kulit pisang yang dihasilkan. Salah satu alternatif untuk mengatasi limbah kulit pisang tersebut adalah dengan memanfaatkan pektin yang terkandung sebagai bahan pembuatan *edible film*. Minyak atsiri cengkeh dapat digunakan sebagai bahan tambahan pada *edible film* sebagai antioksidan dan antimikroba yang dapat menghambat mikroorganisme perusak pada makanan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstraksi pada pektin kulit pisang dan metode coating atau pelapisan untuk pengaplikasian *edible film* terhadap potongan buah apel, dengan variasi konsentrasi pektin 0; 4; 6; 8 gram dan minyak atsiri cengkeh 0,2; 0,4; 0,6 mL. Dari penelitian diperoleh hasil pengujian TPC memiliki rentang nilai 11×10^6 Cfu/mL sampai 131×10^6 Cfu/mL dan rentang nilai persentase vitamin C adalah 0,008 % sampai 0,026 %.

Kata Kunci: *Edible Film*, Kulit Pisang, Pektin, Minyak Atsiri Cengkeh, Buah Apel Potong.

Abstract

Banana plants (Musaceae sp.) are one of the most common fruit plants in Indonesia. The high production of banana is directly proportional to the amount of banana peel waste produced. One alternative to address this banana peel waste is to utilize the pectin contained in it as a material for making edible films. Clove essential oil can be used as an additive in edible films as an antioxidant and antimicrobial agent that can inhibit food-spoiling microorganisms. The methods used in this study were the extraction of banana peel pectin and the coating method for applying edible film to apple slices, with variations in pectin concentration of 0, 4, 6, and 8 grams and clove essential oil of 0.2, 0.4, and 0.6 mL. The results of the TPC test ranged from 11×10^6 Cfu/mL to 131×10^6 Cfu/mL, and the vitamin C percentage ranged from 0.008% to 0.026%.

Keywords: *Edible Film, Banana Peel, Pectin, Clove Essential Oil, Apple Slice.*

I. PENDAHULUAN

Edible film adalah salah satu inovasi dalam perkembangan teknologi pengemasan makanan, yang berupa pelapis tipis dengan spesifikasi dan karakter tertentu yang dapat dimakan dan *biodegradable* (Pham et al., 2023; Rahmadi Putri et al., 2023). Penggunaan *edible film* sebagai alternatif pengemasan produk makanan semakin berkembang seiring dengan meningkatkan kebutuhan kemasan *biodegradable* dan fungsional yang mampu menggantikan kemasan sintetik. Salah satu karakter *edible film* yang disukai yaitu dapat menghambat terjadinya reaksi kimia atau mikrobiologi dengan mekanisme kerja pembentukan *barrier* (Pham et al., 2023; Pratap Singh & Packirisamy, 2022; Saidi et al., 2025) terhadap air, oksigen, uap air, maupun senyawa-senyawa lain yang dapat memicu terjadinya pembusukan atau degradasi nutrisi pada makanan.

Formulasi *edible film* biasanya menggunakan komponen basis dari senyawa polisakarida, protein, ataupun lipid (Mohamed et al., 2020). Senyawa-senyawa tersebut memiliki mekanisme spesifik yang menjadikan *edible film* berguna untuk memperpanjang masa simpan dan pengemasan

produk makanan dengan baik. *Edible film* dengan basis lipid dapat mengurangi kapasitas perpindahan air; sedangkan *edible film* dengan basis polisakarida memiliki permeabilitas gas yang rendah, dan basis protein menjadikan *edible film* memiliki sifat mekanik yang baik (Pham et al., 2023). Maka dari itu pemilihan basis dalam *edible film* sangat penting untuk menonjolkan karakteristik yang tepat sesuai dengan fungsi pada makanan tertentu. Di antara ketiga jenis basis tersebut, polisakarida, seperti pektin, banyak dikembangkan karena dapat membentuk jaringan gel dan struktur film yang stabil dan homogen, serta memiliki sifat hidrofobik sehingga permeabilitas gas dan air *edible film* bisa optimum (Rohasmizah & Azizah, 2022). Salah satu komoditas sumber pektin yang potensial adalah kulit pisang, yang saat ini masih sering dianggap sebagai limbah dengan pilihan pemanfaatan yang terbatas. Maka pemanfaatan kulit pisang sebagai sumber pektin dalam pembuatan *edible film* diharapkan mampu mendukung prinsip *zero-waste* dan pemanfaatan limbah menjadi produk dengan daya guna tinggi. Penelitian tentang penggunaan pektin dari kulit pisang sebagai bahan *edible film*

telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, diantaranya adalah: penggunaan pati kulit pisang untuk kemasan antibakteri makanan (Astuti & Erprihana, 2014); penggunaan pektin kulit pisang untuk plastik film *biodegradable* (Chodijah et al., 2019); penggunaan pektin kulit pisang untuk pengawetan buah (Mahardiani et al., 2021); penggunaan pektin kulit pisang dalam *edible film* untuk keju mozarella (Tripathi & Mishra, 2021); penggunaan pati kulit pisang kepek dan ekstrak lidah buaya untuk mentimun (Hikmah, 2022); dan penggunaan pektin kulit pisang kepek sebagai *edible coating* untuk buah stroberi (Elinda Fithriana et al., 2025).

Selain fungsi dasar yang didapat dari pektin sebagai bahan utama, formulasi *edible film* juga dapat ditambahkan senyawa aktif lain untuk meningkatkan kualitas dan manfaat. Minyak atsiri cengkeh meruakan salah satu contoh senyawa aktif alami yang mengandung eugenol, dan dikenal memiliki karakteristik antioksidan dan antimikroba (Kiki, 2023; Manzoor et al., 2023; Ricardo-Rodrigues et al., 2024). Penambahan minyak atsiri cengkeh dengan manfaat tersebut dan pektin dari kulit pisang akan membuka kesempatan pengembangan produk *edible film* dengan manfaat yang lebih luas.

Pada penelitian ini digunakan potongan buah apel sebagai objek yang diuji untuk menilai kinerja *edible film* berbasis pektin kulit pisang dan penambahan minyak atsiri cengkeh yang dihasilkan terhadap parameter vitamin C (sebagai indikasi antioksidan) dan TPC (sebagai indikasi antimikroba).

II. LANDASAN TEORI

A. *Edible Film*

Edible film adalah lapisan tipis yang dapat dimakan dan biasanya digunakan sebagai kemasan primer produk makanan (Kumar et al., 2022), yang dapat melindungi bahan pangan dari lingkungan dan mengurangi perpindahan massa seperti uap air, oksigen, dan senyawa lain (Azeredo et al., 2022; Du et al., 2022). Kebutuhan kemasan ramah lingkungan yang terus meningkat menyebabkan teknologi pembuatan *edible film* dan modifikasi komponen penyusunnya semakin berkembang dan variatif. Komponen dasar penyusun *edible film*, umumnya adalah biopolimer makromolekul, secara garis besar terbagi atas tiga, yaitu polisakarida, protein, dan lipid (Mohamed et al., 2020). Polisakarida biasanya lebih disukai karena sumbernya di alam sangat beragam, dan *edible film* yang dihasilkan dapat membentuk lapisan yang transparan, memiliki sifat *barrier* yang baik terhadap gas, dan memiliki sifat mekanik yang baik (Oliveira et al., 2025; Prakoso et al., 2023). Salah satu senyawa polisakarida yang sering digunakan adalah pektin, yang merupakan senyawa kompleks larut dalam air. Kelebihan pektin sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* diantaranya adalah: sifatnya yang aman dan alami untuk bahan pangan;

sumbernya relatif terjangkau baik dari segi harga atau keberlimpahannya; memiliki sifat *barrier*, terutama gas, yang baik; memiliki integritas struktur pada produk makanan yang akan dilapisi; mudah homogen karena sifatnya yang larut dalam air; dan memiliki potensi yang besar untuk dilakukan modifikasi (Khairun Nissa & Wardati Sari, 2021; Nuh Ibrahim et al., 2024).

Di antara sumber pektin yang dapat dimanfaatkan adalah kulit pisang (*banana peel*) (Ahsan et al., 2024; Athanasopoulou et al., 2025; Oyawaluja et al., 2020). Penggunaan kulit pisang sebagai bahan dasar pembuatan *edible film*, tidak hanya sejalan dengan isu *zero waste* dan pengurangan limbah organik, namun juga langkah nyata dalam mengubah limbah menjadi produk bernilai tinggi. Penggunaan bahan baku dari limbah atau kulit buah akan mengurangi biaya produksi *edible film* yang dihasilkan, sehingga dapat meningkatkan faktor ekonomis produk yang dibuat.

B. Minyak Atsiri Cengkeh

Minyak atsiri cengkeh berasal dari tanaman cengkeh bagian batang bunga (*flower stalks*), daun, dan kuncup bunga (*flower bud*) (Liñán-Atero et al., 2024). Komponen utama dalam minyak atsiri cengkeh adalah eugenol, yaitu sekitar 60% – 90% (Bai et al., 2023) yang dikenal memiliki manfaat untuk kesehatan, khususnya karena kandungan antioksidan, antibakteri, anti-inflamasi, anti-kanker, dan anti-diabetik (Pandey et al., 2024). Aktivitas antoksidan eugenol berhubungan dengan seberapa banyak radikal bebas yang dapat menetralkan radikal bebas (Pires Costa et al., 2025) dan kemampuan untuk menghambat reaksi oksidasi (Ahmadian et al., 2022) yang terjadi pada bahan makanan, sehingga stabilitas mutu pangan dapat terjaga. Eugenol memiliki mekanisme tersendiri untuk mendapatkan karakteristik antimikroba, yaitu dengan merusak membran sel bakteri (Jeyakumar & Lawrence, 2021), mengganggu sistem metabolisme sel (Bai et al., 2023), dan meningkat permeabilitas membran (Didehdar et al., 2022) sehingga pertumbuhan dan sintesis yang terjadi dalam sel mikroba terhambat.

C. Vitamin C

Parameter vitamin C merupakan indikator mutu nutrisi produk makanan yang berkaitan dengan proses oksidasi. Pada buah yang telah dipotong, kadar vitamin C cenderung turun lebih cepat karena luas permukaan buah yang mengalami kontak dengan lingkungan (udara, cahaya matahari, panas atau sinar matahari) lebih besar (Hodges & Toivonen, 2008; Iturralde-García et al., 2022; Sarkar et al., 2024). Maka penggunaan *edible film* berbasis pektin kulit pisang dengan penambahan minyak atsiri cengkeh diharapkan dapat mengurangi atau memperlambat penurunan vitamin C dengan mekanisme antioksidan.

D. Antimikroba

Keamanan dan umur simpan bahan pangan dapat direpresentasikan dengan parameter *Total Plate Count* (TPC), yang merupakan indikator mutu mikrobiologis. Pada komoditi buah potong, nilai TPC yang tinggi menjadi salah satu penyebab turunnya mutu, karena menggambarkan aktivitas pertumbuhan mikroba. Pertumbuhan mikroba yang terjadi di sampel bahan pangan akan mempengaruhi kondisi visual dan sensori karena adanya kerusakan jaringan. Pengukuran TPC dalam penelitian ini akan menunjukkan pengaruh *edible film* berbasis pektin dan minyak atsiri cengkeh dalam mempertahankan mutu, khususnya parameter mikrobiologi, pada buah potong.

III. METODE PENELITIAN

A. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *hotplate*, oven, neraca analitik, gelas piala, gelas ukur, labu ukur, termometer, alat ekstraksi, desikator, batang pengaduk, blender, ayakan mesh 50, ayakan mesh 100, kertas saring, mikrometer sekrup, cawan petri, ember, nampan, toples, mortir, cup aluminium foil.

B. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit pisang tanduk, minyak atsiri cengkeh, tepung tapioka, gliserol, HCl 0,05N, Etanol 96%, dan *silica gel*.

C. Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan dengan tiga tahapan, yaitu: pembuatan *edible film*, analisis vitamin C, dan analisis TPC.

1. Pembuatan *Edible Film*

Kulit pisang tanduk merupakan bahan utama dalam penelitian ini. Kulit pisang tanduk yang telah bersih dilakukan pengeringan hingga didapatkan serbuk halus yang kemudian diayak menggunakan alat bantuan ayakan 50 mesh. Selanjutnya dilakukan ekstraksi pektin (Megawati & Machsunah, 2016) dengan menggunakan pelarut HCl 0,05 N dan dipanaskan pada suhu 90 °C selama dua jam. Filtrat hasil ekstraksi dicampur dengan pelarut etanol 96% dengan perbandingan 1:1 sampai terbentuk endapan, yang merupakan hasil pektin yang didapatkan. Selanjutnya pektin yang didapatkan dikeringkan dan dihaluskan hingga berbentuk serbuk dan diayak dengan bantuan ayakan 100 mesh.

Digunakan massa pektin dengan variasi 0; 4; 6; dan 8gram yang kemudian dilarutkan dalam 150 mL akuades dan ditambahkan tepung tapioka sebanyak 10 gram, kemudian dipanaskan hingga transparan. Campuran tersebut ditamahkan minyak atsiri cengkeh dengan variasi 0; 2; 4; dan 6ml. larutan tersebut kemudian diaduk dan dipanaskan pada suhu 75 – 85°C, yang kemudian kita sebut larutan *edible film*. untuk pengujian aplikasi pada komoditi potongan buah apel, potongan buah apel dipotong dengan bentuk dadu

dan massa yang seragam, kemudian dicelupkan dalam 5ml larutan *edible film* yang kemudian disimpan selama satu hari pada suhu ruang untuk dilakukan observasi.

2. Analisis Kadar Vitamin C pada Potongan buah Apel

Penentuan kadar vitamin C dapat dilakukan dengan cara titrasi iodimetri, yang merupakan titrasi terhadap zat-zat yang potensial oksidasinya lebih rendah dibandingkan iodium-iodida, sehingga zat dapat teroksidasi oleh iodium.

Sampel apel ditimbang sebanyak 100gram lalu dihaluskan menggunakan blender hingga berbentuk bubuk. Kemudian diambil sebanyak 10gram dan diencerkan dengan aquades 100mL. Hasil pengenceran disaring menggunakan kertas saring. Filtrat diambil 10mL dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 125mL lalu ditambahkan 3 tetes H₂SO₄ 10% dan 5 tetes larutan amilum 1% kemudian dititrasi dengan larutan iodine 0,01 N hingga berwarna biru. Persentase kadar vitamin C dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{ vitamin C} = \frac{V \times K \times FP}{M} \times 100\%$$

Keterangan:

V = Volume Titrasi (mL)

K = Kesetaraan Vitamin C (mg vit. C)

Fp = faktor pengenceran

M = massa sampel (mg)

$$1 \text{ mL I}_2 \text{ 0, 01 N setara dengan 0,8806 mg C}_6\text{H}_8\text{O}_6$$

3. Analisis *Total Plate Count* (TPC) Pada Potongan Buah Apel

Pengujian TPC dilakukan untuk mengetahui jumlah mikroba dalam produk pangan dengan cara menghitung jumlah koloni bakteri pada media agar. Berdasarkan SNI 2897. 2008 koloni bakteri pada makanan tidak boleh lebih dari 1x10⁸ *Colony Forming Unit* per mL (CFU/mL).

Apel diambil 10gram sebagai sampel kemudian dihaluskan. Untuk membuat pengenceran (10⁻¹), apel dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9mL air fisiologis kemudian dihomogenkan, lalu diambil 1mL dari pengenceran (10⁻¹) dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9mL air fisiologis (10⁻²), dilakukan hal yang sama hingga pengenceran 10⁻⁶. Dimasukkan 1 mL sampel dari pengenceran terakhir ke dalam cawan petri secara duplo menggunakan pipet steril. Selanjutnya ke dalam setiap cawan berisi sampel ditambahkan 15mL media *Plate Count Agar* (PCA) didinginkan hingga mencapai suhu 45°C. Setelah padat, cawan petri dimasukkan ke dalam inkubator dengan posisi terbalik selama satu hari dengan suhu 35 °C. Kemudian dihitung jumlah koloni di dalam cawan petri.

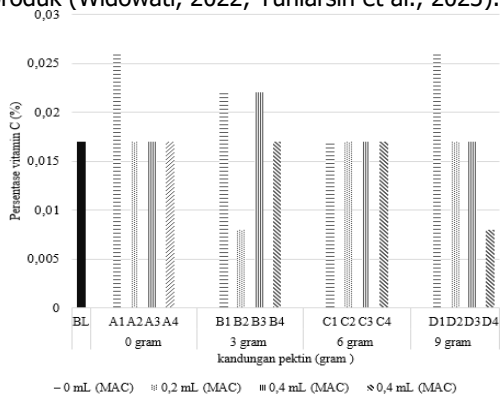
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kadar Vitamin C pada Potongan buah Apel

Analisis vitamin C pada penelitian ini dilakukan dengan metode titrasi Iodimetri. Titrasi Iodimetri adalah titrasi terhadap zat-zat yang memiliki potensial oksidasinya lebih rendah dari iodium-iodida, sehingga zat tersebut teroksidasi oleh iodium (Asmal, 2023).

Dari data diketahui rentang kadar vitamin C pada buah apel yang telah disimpan selama satu hari adalah 0,008 % hingga 0,026 %. Pada penelitian inidiketahui bahwa pelapisan buah apel menggunakan *edible film* tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan vitamin C. Tetapi terdapat penurunan kadar vitamin C pada buah apel, normalnya buah apel mengandung 0,46mg/10g, hal ini dapat disebabkan karena vitamin C mudah sekali terdegradasi oleh temperatur dan udara sehingamenyebabkan kadar vitamin C menurun.

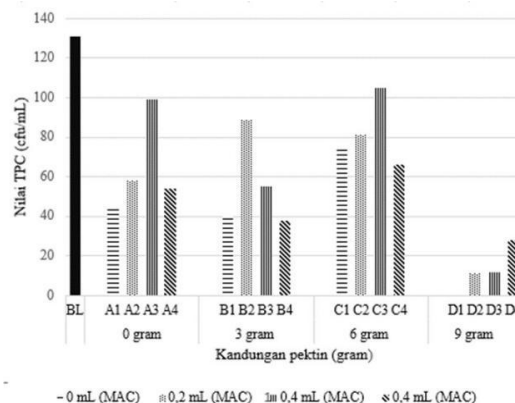
Vitamin C teroksidasi oleh molekul oksigen dan menghasilkan radikal anion askorbat dan H₂O yang diikuti pembentukan dehidro-asam-askorbat dan hidrogen peroksida. Dehidro-asam-askorbat adalah bentuk oksidasi dari asam L-askorbat yang masih mempunyai keaktifan sebagai vitamin C tetapi memiliki sifat yang sangat labil dan dapat mengalami perubahan menjadi 2,3-L-diketogulonat (DKG) (Widowati, 2022; Yuniarsih et al., 2023). DKG yang terbentuk sudah tidak mempunyai keaktifan vitamin C, sehingga jika DKG tersebut sudah terbentuk maka akan mengurangi bahkan menghilangkan vitamin C yang ada dalam produk (Widowati, 2022; Yuniarsih et al., 2023).



Gambar 1. Kadar vitamin C pada potongan buah apel

B. Analisis Total Plate Count (TPC) Pada Potongan Buah Apel

Hasil analisis TPC pada penelitian ini dilakukan untuk pengamatan pertumbuhan mikroba pada sampel apel yang telah dilapisi *edible film*. Penetapan TPC dapat dilakukan menggunakan metode sebar (*spread plate*) dan menggunakan pengenceran bertingkat 10⁻⁶.



Gambar 2. Nilai TPC pada potongan buah apel

Pada diagram di atas menunjukkan adanya perbedaan pada masing-masing sampel. Blanko (BL) memiliki nilai total mikroba terbesar yaitu 131x10⁶ Cfu/mL dan sampel dengan total mikroba terkecil adalah D2 dengan nilai 11x10⁶ Cfu/mL. Blanko merupakan sampel buah apel yang tidak dilapisi *edible film* sedangkan sampel D2 merupakan sampel buah apel yang dilapisi *edible film* yang memiliki kandungan 9gram pektin dan 0,2 mL minyak atsiri cengkeh. Diagram pada analisis TPC tidak menunjukkan nilai yang stabil hal ini dapat disebabkan oleh tempat dan alat pengambilan data TPC yang kurang steril sehingga mempengaruhi pertumbuhan bakteri pada penelitian ini. Tetapi dapat disimpulkan bahwa penggunaan *edible film* mempengaruhi efektivitas antibakterinya, dapat dilihat dari nilai total bakteri pada sampel buahapel yang tidak dilapisi *edible film* jauh lebih besar dibandingkan sampel apel yang dilapisi *edible film*.

Penambahan minyak atsiri cengkeh juga dapat meningkatkan efektivitas antimikroba karena mengandung eugenol yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Eugenol dan protein ekstraseluler mikroba akan membentuk senyawa kompleks yang akan berdapak pada kerusakan membran sitoplasma mikroba dan diikuti keluarnya senyawa intraseluler. Dengan menambahkan senyawa aktif antibakteri ke dalam *edible film* dapat memberikan keuntungan, yaitu meningkatkan daya simpan (Andriansty et al., 2015).

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan bahwa aplikasi *edible film* dengan kandungan minyak atsiri cengkeh pada buah apel dapat menghambat pertumbuhan mikroba pada buah, dengan nilai TPC terkecil 11x10⁶ Cfu/ml setelah satu hari penyimpanan, namun tidak mempengaruhi kandungan vitamin C di dalamnya, dengan perolehan nilai vitamin C 0,008 % hingga 0,026 % setelah satu hari penyimpanan.

- B. Saran
 Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi peningkatan konsentrasi minyak atsiri cengkeh atau modifikasi formulasi *edible film* guna mengoptimalkan efektivitas penghambatan mikroba dalam jangka waktu penyimpanan yang lebih lama, sembari tetap menjaga stabilitas kadar vitamin C pada buah apel. Selain itu, perlu dilakukan pengujian sensoris untuk memastikan bahwa penambahan minyak atsiri tersebut tidak memengaruhi cita rasa dan aroma alami buah agar tetap dapat diterima oleh konsumen secara luas.
- DAFTAR PUSTAKA**
- Ahmadian, F., Aminzare, M., Mohseni, M., Hosseini, M.-J., & Hassanzad Azar, H. (2022). *Eugenol and clove (Syzygium aromaticum) essential oil efficacy on oxidative stability of sunflower oil during accelerated storage*.
- Ahsan, M., Ashraf, H., lahtisham-UI-Haq, Liaquat, A., Nayik, G. A., Ramniwas, S., Alfarraj, S., Ansari, M. J., & Gere, A. (2024). Exploring pectin from ripe and unripe Banana Peel: A novel functional fat replacers in muffins. *Food Chemistry: X*, 23, 101539. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101539>
- Andriansty, V., Praseptiangga, D., & Utami, R. (2015). Pembuatan Edible Film Dari Pektin Kulit Pisang Raja Bulu (*Musa sapientum* var *Paradisiaca baker*) Dengan Penambahan Minyak Atsiri Jahe Emprit (*Zingiber officinale* var. *amarum*) Dan Aplikasinya Pada Tomat Cherry (*Lycopersicon Esculentum* var. *cerasiforme*). *Jurnal Teknosains Pangan*, 4(4), 1–7.
- Asmal, A. (2023). Analisis kandungan vitamin C dalam cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) secara iodimetri. *Jurnal Kesehatan Luwu Raya*, 9(2), 44–50.
- Astuti, P., & Erprihana, A. A. (2014). Antimicrobial edible film from banana peels as food packaging. *American Journal of Oil and Chemical Technologies*, 2(2), 65–70.
- Athanasopoulou, E., Charpa, P., Sarafidou, M., Koutinas, A., & Tsironi, T. (2025). Extraction of pectin from banana peels and utilization in a bioactive coating for postharvest banana preservation. *Discover Food*, 5(1), 286. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00606-0>
- Azeredo, H. M. C., Otoni, C. G., & Mattoso, L. H. C. (2022). Edible films and coatings – Not just packaging materials. *Current Research in Food Science*, 5, 1590–1595. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.09.008>
- Bai, J., Li, J., Chen, Z., Bai, X., Yang, Z., Wang, Z., & Yang, Y. (2023). Antibacterial activity and mechanism of clove essential oil against foodborne pathogens. *Lwt*, 173, 114249.
- Chodijah, S., Husaini, A., Zaman, M., & Hilwatulisan. (2019). Extraction of Pectin from Banana Peels (*Musa Paradisiaca Fomatypica*) for Biodegradable Plastic Films. *Journal of Physics: Conference Series*, 1167(1), 012061. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1167/1/012061>
- Didehdar, M., Chegini, Z., & Shariati, A. (2022). Eugenol: A novel therapeutic agent for the inhibition of *Candida* species infection. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 872127.
- Du, Y., Yang, F., Yu, H., Yao, W., & Xie, Y. (2022). Controllable Fabrication of Edible Coatings to Improve the Match Between Barrier and Fruits Respiration Through Layer-by-Layer Assembly. *Food and Bioprocess Technology*, 15(8), 1778–1793. <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02848-7>
- Elinda Fithriana, Refilda, & Yefrida. (2025). Extraction and Characterization of Pectin from Kepok Banana Peel and Its Application as a Base Material for Edible Coating on Strawberries. *AJARCODE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*, 9(2), 433–440. <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v9i2.654>
- Hikmah, N. (2022). Aplikasi Edible Film Pati Kulit Pisang Kepok (*Musa Balbisiana* C.) Dengan Penambahan Ekstrak Lidah Buaya (*Aloe Vera* L.) Pada Mentimun (*Cucumis Sativus* L.). *Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang*.
- Hodges, D. M., & Toivonen, P. M. A. (2008). Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharvest Biology and Technology*, 48(2), 155–162. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.10.016>
- Iturralde-García, R. D., Cinco-Moroyoqui, F. J., Martínez-Cruz, O., Ruiz-Cruz, S., Wong-Corral, F. J., Borboa-Flores, J., Cornejo-Ramírez, Y. I., Bernal-Mercado, A. T., & Del-Toro-Sánchez, C. L. (2022). Emerging Technologies for Prolonging Fresh-Cut Fruits' Quality and Safety during Storage. In *Horticulturae* (Vol. 8, Issue 8). MDPI. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080731>
- Jeyakumar, G. E., & Lawrence, R. (2021). Mechanisms of bactericidal action of Eugenol against *Escherichia coli*. *Journal of Herbal Medicine*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2020.100406>
- Khairun Nissa, B., & Wardati Sari, M. (2021). KARAKTERISTIK FISIK EDIBLE FILM DENGAN VARIASI PEKTIN KULIT PISANG TANDUK DAN MINYAK ATSIRI CENGKEH. In *Chempublish Journal* (Vol. 6, Issue 2).
- Kiki, M. J. (2023). In vitro antiviral potential, antioxidant, and chemical composition of clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil. *Molecules*, 28(6), 2421.
- Kumar, L., Ramakanth, D., Akhila, K., & Gaikwad, K. K. (2022). Edible films and coatings for food packaging applications: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20(1), 875–

900. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01339-z>
- Liñán-Atero, R., Aghababaei, F., García, S. R., Hasiri, Z., Ziogkas, D., Moreno, A., & Hadidi, M. (2024). Clove Essential Oil: Chemical Profile, Biological Activities, Encapsulation Strategies, and Food Applications. In *Antioxidants* (Vol. 13, Issue 4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/antiox13040488>
- Mahardiani, L., Larasati, R., Susilowati, E., Hastuti, B., & Azizah, N. L. (2021). Potential edible coating of pectin obtained from banana peel for fruit preservation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1912(1), 012019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1912/1/012019>
- Manzoor, A., Asif, M., Khalid, S. H., Ullah Khan, I., & Asghar, S. (2023). Nanosizing of lavender, basil, and clove essential oils into microemulsions for enhanced antioxidant potential and antibacterial and antibiofilm activities. *ACS Omega*, 8(43), 40600–40612.
- Megawati, & Machsunah, E. L. (2016). Ekstraksi Pektin dari Kulit Pisang Kepok (Musa paradisiaca) Menggunakan Pelarut HCl sebagai Edible Film. *Jurnal Bahan Alam TERbarukan*, 5(1). <https://doi.org/10.15294/jbat.v4i2.4177>
- Mohamed, S. A. A., El-Sakhawy, M., & El-Sakhawy, M. A. M. (2020). Polysaccharides, Protein and Lipid -Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review. In *Carbohydrate Polymers* (Vol. 238). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116178>
- Nuh Ibrahim, M., Ilmu dan Teknologi Pangan, J., Pertanian, F., Halu Oleo, U., Teknologi Hasil Perikanan, J., & Perikanan dan Ilmu Kelautan, F. (2024). BAHAN-BAHAN ALAMI YANG BERPOTENSI DALAM PEMBUATAN EDIBLE FILM: STUDI PUSTAKA [Natural Ingredients with Potential for Edible Film Production: A Literature Review] (Vol. 2, Issue 4).
- Oliveira, I., Pinto, T., Afonso, S., Karaś, M., Szymanowska, U., Gonçalves, B., & Vilela, A. (2025). Sustainability in Bio-Based Edible Films, Coatings, and Packaging for Small Fruits. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 15, Issue 3). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/app15031462>
- Oyawaluja, A., Oiseoghaede, J., Odukoya, O. A., & Aluko, T. E. (2020). Extraction and Estimation of Pectins from Unripe, Ripe and Overripe Banana (*Musa Acuminata* L.) and Plantain (*Musa Paradisiaca* L.) Peels and their Antioxidant Activities. *Nigerian Journal of Pharmaceutical Research*, 16, 87–96. <https://doi.org/10.4314/njpr.v16i1.10>
- Pandey, V. K., Srivastava, S., Ashish, Dash, K. K., Singh, R., Dar, A. H., Singh, T., Farooqui, A., Shaikh, A. M., & Kovacs, B. (2024). Bioactive properties of clove (Syzygium aromaticum) essential oil nanoemulsion: A comprehensive review. *Heliyon*, 10(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22437>
- Pham, T. T., Nguyen, L. L. P., Dam, M. S., & Baranyai, L. (2023). Application of Edible Coating in Extension of Fruit Shelf Life: Review. In *AgriEngineering* (Vol. 5, Issue 1, pp. 520–536). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agriengineering5010034>
- Pires Costa, E., Maciel dos Santos, M., de Paula, R. A., da Silva, D. A., Lopes, R. P., Teixeira, R. R., & Gonçalves, R. V. (2025). Antioxidant and anti-inflammatory activity of eugenol, bis-eugenol, and clove essential oil: an in vitro study. *ACS Omega*, 10(28), 31033–31045.
- Prakoso, F. A. H., Indiarito, R., & Utama, G. L. (2023). Edible Film Casting Techniques and Materials and Their Utilization for Meat-Based Product Packaging. In *Polymers* (Vol. 15, Issue 13). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/polym15132800>
- Pratap Singh, D., & Packirisamy, G. (2022). Biopolymer based edible coating for enhancing the shelf life of horticulture products. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 4, 100085. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fochm.s.2022.100085>
- Rahmadi Putri, T., Adhitasari, A., Paramita, V., Endy Yulianto, M., & Dwi Ariyanto, H. (2023). Effect of different starch on the characteristics of edible film as functional packaging in fresh meat or meat products: A review. *Materials Today: Proceedings*, 87, 192–199. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.396>
- Ricardo-Rodrigues, S., Rouxinol, M. I., Agulheiro-Santos, A. C., Potes, M. E., Laranjo, M., & Elias, M. (2024). The antioxidant and antibacterial potential of thyme and clove essential oils for meat preservation—An overview. *Applied Biosciences*, 3(1), 87–101.
- Rohasmizah, H., & Azizah, M. (2022). Pectin-based edible coatings and nanoemulsion for the preservation of fruits and vegetables: A review. *Applied Food Research*, 2(2), 100221. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100221>
- Saidi, L., Wang, Y., Wich, P. R., & Selomulya, C. (2025). Polysaccharide-based edible films — strategies to minimize water vapor permeability. *Current Opinion in Food Science*, 61, 101258. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cofs.2024.101258>
- Sarkar, S., Akhter, S., Roy, J., Wazed, M. A., Abedin, R., Neogie, S., Mishat, K. B., & Sarker, M. S. H. (2024). Preventing enzymatic browning of freshly cut green bananas through immersion in normal water,

- lemon juice, and coconut water. *Food Science and Nutrition*, 12(9), 6612–6626. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4284>
- Tripathi, S., & Mishra, S. (2021). Antioxidant, antibacterial analysis of pectin isolated from banana peel and its application in edible coating of freshly made mozzarella cheese. *Asian Food Sci. J*, 20(7), 69376.
- Widowati, A. N. A. (2022). Pengaruh penambahan kulit buah lemon (*Citrus limon* (L.)) kering terhadap karakteristik organoleptik, total padatan terlarut, pH, kandungan vitamin C dan total fenol teh celup daun kelor (*Moringa oleifera*). *Jurnal Teknologi Pangan*, 6(1), 30–39.
- Yuniarsih, N., Syalomita, D., Apriani, I. P., Febriyanti, M., Nadeak, Z. T., & Puspawati, I. (2023). Evaluasi Uji Sifat Fisik Pada Kaplet Salut Gula Asam Askorbat Dengan Metode Penyalutan. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(2), 11593–11601.