**ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia**

Official Website: https://jurnal.uns.ac.id/alchemy

ISSN 1412-4092
EISSN 2443-4183

***Review***

# Karakterisasi, Aplikasi, dan Bioaktivitas *Edible Film* Kitosan/Pati dengan Bahan Aktif Minyak Atsiri

## *(Characterization, Application, and Bioactivity of Edible Chitosan/Starch Film with Essential Oil Active Ingredients)*

**Sabella Vegasty[a], Triana Kusumaningsih[a*], Maulidan Firdaus[a], Annisa Istiqomah[b,c,d]**

[a]*Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Sebelas Maret*
*Jalan Ir. Sutami 36 A, Kentingan, Surakarta, 57126, Indonesia*
[b]*Department of Chemical Engineering, College of Engineering, National Taiwan University*
*Taipei, 10617, Taiwan*
[c]*Institute, Academia Sinica, Taipei, Taiwan*
[d]*Sustainable Chemical Science and Technology, Taiwan, International Graduate Program, Academia Sinica*
*Taipei, Taiwan*

[*]*Corresponding author: triana_kusumaningsih@staff.uns.ac.id*

*DOI: 10.20961/alchemy.21.1.86140.1-16.*

*Received 22 April 2024, Revised 12 August 2024, Accepted 24 September 2024, Published 28 March 2025*

**Kata kunci:**

*edible film*;
gelatin
karboksimetil selulosa;
kitosan;
pati.

**ABSTRAK.** Penelitian terkait *edible film* kitosan telah banyak dikembangkan selama beberapa tahun terakhir. *Edible film* kitosan merupakan alternatif kemasan pangan yang ramah lingkungan. Kitosan dapat membentuk ikatan intermolekul dengan pati, yang membantu memperbaiki struktur dan sifat fisik film, meningkatkan kilap, transparansi, aktivitas antibakteri, dan mengurangi tingkat kebasahan campuran pelapis. Kombinasi biofilm kitosan-pati singkong merupakan kandidat kuat untuk pelapis dan pengemasan pangan. Campuran keduanya masih bersifat hidrofilik sehingga stabilitas mekanis, ketahanan air, dan perlindungan kelembaban masih jauh dari standar ideal. Penambahan minyak atsiri dapat meningkatkan kekuatan tarik, perpanjangan, dan memperkuat matriks polimer antara kitosan-pati juga berpotensi meningkatkan bioaktivitas dalam *edible film*. Kajian ini difokuskan pada (1) Pengaruh kombinasi minyak atsiri terhadap karakteristik fisik, kimia, termal, dan mekanik edible film kitosan/pati dan (2) Pembahasan bioaktivitas edible film kitosan/pati/minyak atsiri terhadap berbagai mikroorganisme dalam pangan (3) Aplikasi *edible film* kitosan/pati/minyak atsiri pada produk pangan.

**Keywords:**

*edible film*;
gelatine;
carboxymethyl cellulose;
chitosan;
starch.

**ABSTRACT.** Research related to chitosan edible film has been widely developed over the past few years. Chitosan edible film is an environmentally friendly alternative to food packaging. Chitosan can form intermolecular bonds with starch, which helps improve the structure and physical properties of the film, increases gloss, transparency, antibacterial activity, and reduces the wetness of the coating mixture. The combination of chitosan-cassava starch biofilm is a strong candidate for food coating and packaging. The mix of both is still hydrophilic, so the mechanical stability, water resistance, and moisture protection are still far from ideal standards. The addition of essential oils can increase tensile strength, elongation and strengthen the polymer matrix between chitosan-starch, which also has the potential to increase bioactivity in edible films. This review focuses on (1) The effect of essential oil combination on the physical, chemical, thermal, and mechanical characteristics of chitosan/starch edible films and (2) Discussion of the bioactivity of chitosan/starch/essential oil edible films on various microorganisms in food (3) Application of edible chitosan/starch/essential oil films on food products.

**ISI**

**PENDAHULUAN** ..... **2**
**KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* KITOSAN** ..... **3**
**Karakteristik Gugus Fungsi dan Permukaan *Edible Film*** ..... **4**
**Karakteristik Permukaan *Edible Film*** ..... **5**
**Karakteristik Termal *Edible Film*** ..... **7**
**Karakteristik Fisik *Edible Film*** ..... **7**
**Karakteristik Mekanis *Edible Film*** ..... **9**
**BIOAKTIVITAS *EDIBLE FILM* KITOSAN** ..... **9**

**Cite this as:** Vegasty, S., Kusumaningsih, T., Firdaus, M., and Istiqomah, A., 2025. Karakterisasi, Aplikasi, dan Bioaktivitas *Edible Film* Kitosan/Pati dengan Bahan Aktif Minyak Atsiri. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 21(1), 1-16. https://dx.doi.org/10.20961/alchemy.21.1.86140.1-16.



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

**Bioaktivitas Antibakteri** ..... **9**
**Bioaktivitas Antioksidan** ..... **11**
**APLIKASI *EDIBLE FILM* KITOSAN** ..... **11**
**KESIMPULAN** ..... **13**

## PENDAHULUAN

Pembusukan pangan dapat didefinisikan sebagai proses kontaminasi pangan yang mengakibatkan hilangnya tekstur, warna, dan nilai gizi, serta memungkinkan tumbuhnya mikroba patogen, menurunkan kualitas, dan menjadikan produk tidak layak untuk dikonsumsi. Bakteri, kapang, dan khamir diketahui mempunyai sifat merusak pada berbagai produk pangan, dimana mekanisme organisme pembusuk bergantung pada faktor dominan seperti aktivitas air, pH, suhu, dan tekanan parsial bahan pangan (Chawla *et al*., 2021). Pengemasan aktif didefinisikan sebagai sistem cerdas yang melibatkan interaksi antara komponen kemasan dengan makanan atau atmosfer dan gas internal sesuai dengan permintaan konsumen akan produk berkualitas tinggi, segar, dan aman. Salah satu kemasan aktif yang digunakan adalah *edible film* yang berfungsi sebagai penahan kelembaban, mencegah hilangnya aroma, dan memperbaiki sifat fisik serta bahan tambahan pembawa (Abd-Alhadi *et al*., 2023) serta *renewable* (Galus *et al*., 2020).

Penggunaan *edible film* semakin meningkat untuk menjaga kualitas produk. Saat ini, penggunaan kemasan *biodegradable* seperti *cup* minuman, piring, *overwrap*/pembungkus makanan, perlengkapan makan, dan film laminasi yang didistribusikan dalam toko makanan (Mostafavi *and* Zaeim, 2020). Karakteristik dari kemasan yang berbasis biopolimer didasarkan pada banyak faktor, terutama berupa sumber asli biopolimer, struktur rantai polimer, teknologi proses (preparasi dan kondisi pengeringan), dan derajat dari kristalinitas *cross-linked*. Karateristik fisika berupa permeabilitas uap air yang bergantung pada kelembapan relatif dan temperatur, serta resistansi mekanis (*tensile strength*, *modulus young*, dan *elongation break*). Resistansi air bergantung pada ketebalan film, yang juga mempengaruhi karakter fisika pada film (Galus *et al*., 2020).

Kitosan adalah biopolimer paling melimpah yang diproduksi dari deasetilasi kitin. Kitosan terdiri dari unit berulang *β–(1-4) glikosidik* terikat dengan *2–asetamido–2–deoksi–β–d–glukosa* dan *N–asetil–2–amino–2–deoksi–d–glukosamin* (Gasti *et al*., 2022). Kitosan merupakan polisakarida alami dan melimpah kedua yang terdapat pada eksoskeleton *Crustacea*. Kitosan telah disetujui sebagai bahan makanan oleh *Food and Drug Administration* (FDA) (Bilal *et al*., 2020). Kitosan dapat menghambat pertumbuhan berbagai macam bakteri, memiliki kemampuan sebagai *gelling agent*, mampu membentuk ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik, memiliki biokompatibilitas, biodegradibilitas, dan bioaktivitas (Díaz-Montes *and* Castro-Muñoz, 2021) dan bersifat non toksik (Mashuni *et al*., 2021).

Kitosan pada *edible film* berfungsi sebagai agen antimikroba, dapat meningkatkan ketahanan terhadap sinar UV dan kemampuan mekanis, serta mengurangi keterbasahan film (Mostafavi *and* Zaeim, 2020). Kitosan dapat menghambat pertumbuhan sel mikroba dengan adanya gugus amina pada posisi C-2 dalam rantai molekulnya, dapat mengganggu metabolisme bakteri serta permukaan sel bakteri (Liu *et al*., 2020). Sifat ini menguntungkan untuk penerapan kitosan di berbagai bidang, yaitu *drug delivery*, pembalut luka dan rekayasa jaringan. Selain itu, aplikasi kitosan terkini tidak hanya terbatas pada biomedis, namun juga banyak digunakan dalam bidang aplikasi pengemasan makanan (Gasti *et al*., 2022) karena sifatnya yang tidak beracun, biokompatibilitas, kemampuan terurai secara hayati dan kemampuan pembentukan film. (Abd-Alhadi *et al*., 2023).

Film kitosan mengurangi tekanan parsial oksigen dalam kemasan, menjaga suhu dengan transmisi kelembaban antara makanan dan sekitarnya, memperlambat pencoklatan enzimatik pada buah-buahan, mengatur respirasi, dan mengurangi dehidrasi. Kitosan digunakan untuk meningkatkan efek pengemulsi, meningkatkan rasa alami, mengatur tekstur, deasidifikasi, dan stabilisasi warna. Film berbahan dasar kitosan bersifat transparan, fleksibel, dan tahan lama. Film kitosan tahan terhadap lemak dan minyak, serta oksigen, namun sangat sensitif terhadap kelembapan (Mohamed *et al*., 2020). Salah satu kelemahan film kitosan yang digunakan untuk tujuan pengawetan makanan adalah tidak memadainya fungsi penghalang terhadap uap air, yang dapat diatasi dengan memasukkan minyak atsiri tanaman (Liu *et al*., 2020).

Sifat tarik dari *edible film* seperti ketebalan, elongasi, dan kekuatan tarik merupakan parameter yang diukur untuk memeriksa ketahanan film dalam melindungi produk yang dikemas dari kerusakan mekanis (Sartika et al., 2022). Film berbasis pati asli bersifat rapuh dan lemah, yang dapat ditingkatkan dengan modifikasi kimia, fisik, dan enzimatik. Metode standar untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanis film berbasis pati adalah dengan menambahkan *plasticizer* seperti gliserol (Abera *et al*., 2024). *Plastisizer* yang biasanya digunakan dalam *edible film* memiliki molekul yang kecil, non toksik, *biodegradable*, dan tidak volatil (Mostafavi *and* Zaeim, 2020).


Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

Bahan pemlastis ditambahkan untuk meningkatkan sifat mekanik pelapis yang juga dapat mencegah retak film selama penanganan dan penyimpanan (Afifah *et al.*, 2018; Wibowo *et al.*, 2023).

Peningkatan karakteristik *edible film* kitosan dapat dilakukan dengan mengkombinasikan kitosan dengan polisakarida, protein, maupun lemak yang dapat menunjang matriks kitosan (Elsabee *and* Abdou, 2013). Pati merupakan salah satu bahan alam yang melimpah dan *biodegradable* (Ayyubi *et al.*, 2022). Ketahanan patogen bawaan makanan pada permukaan yang bersentuhan dengan makanan menjadi masalah yang perlu diperhatikan. Setiap tahun, 600 juta orang menderita penyakit bawaan makanan dan mengakibatkan 420.000 kematian. Kontaminasi bakteri merupakan alasan utama hilangnya tahun-tahun kehidupan sehat secara besar-besaran serta kehancuran finansial dalam industri makanan (Nahar *et al.*, 2021). Polutan bakteriologis, terutama bakteri Gram negatif seperti *Escherichia coli* (*E. coli*), *Pseudomonas aeruginosa* dan *Salmonella typhi* (*S. thypi*), mungkin merupakan risiko yang paling menonjol bagi kesehatan masyarakat. Spesies bakteri tertentu, seperti *Bacillus cereus* dan *Staphylococcus aureus* (*Staph. aureus*) telah dikaitkan dengan pembusukan bahan pangan lokal (Imran *et al.*, 2021). Bakteri dapat menempel pada permukaan makanan, tumbuh di atasnya, dan membentuk biofilm, dengan risiko tinggi terhadap keamanan pangan (Sateriale *et al.*, 2022). Anti-target terus digunakan dalam kemasan produk untuk mencegah pembusukan makanan kemasan. Bahan kimia biokompatibel dapat digunakan sebagai senyawa organik terhadap mikroorganisme patogen (Imran *et al.*, 2021).

Formulasi dari pelapis pati singkong memiliki kekurangan karena sifatnya yang hidrofilik dan tidak memiliki aktivitas antioksidan maupun antibakteri (do Nascimento *et al.*, 2023). Kitosan dikenal karena memiliki biokompatibilitas, biodegradabilitas, toksisitas yang rendah, dan kekuatan mukoadhesifnya, serta sifat antimikrobanya (Lestari *et al.*, 2024; Sariningsih *et al.*, 2019) . Kombinasi biofilm dari kitosan/pati singkong merupakan kandidat kuat pada pelapis dan pengemas makanan. Tidak seperti biopolimer pada umumnya, campuran dari keduanya masih bersifat hidrofilik, sehingga stabilitas mekanis, ketahanan terhadap air, dan pelindung kelembapan masih jauh dari standar ideal (Gomes de Menezes *et al.*, 2021). Kitosan dapat membentuk ikatan antar molekul dengan pati, yang membantu memperbaiki struktur dan sifat fisik film, meningkatkan nilai kilap, transparansi, dan aktivitas antibakteri, serta mengurangi kebasahan campuran pelapis (Abera *et al.*, 2024).

Senyawa antimikroba digabungkan dalam matriks polimer untuk membuat film kemasan antimikroba yang membantu menekan pertumbuhan mikroba target, yang dapat menyebabkan kontaminasi makanan (Chawla *et al.*, 2021). Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa kitosan tergabung dengan beberapa senyawa bioaktif, seperti minyak thyme, minyak kayu manis, minyak bunga matahari, minyak oregano, ekstrak teh hijau, dan minyak rosemary dapat meningkatkan antioksidan dan/atau antimikroba dari film tersebut dan dengan demikian, memperpanjang umur simpan daging atau produk daging (Venkatachalam *and* Lekjing, 2020). Minyak atsiri tersusun dari senyawa terpen (mono-, seskui- dan diterpen) (Mohamed *et al.*, 2020), alkohol, asam, ester, epoksida, aldehida, keton, amina, dan sulfida. Minyak cengkeh memiliki komponen utama cinnamaldehyde (87,30%), eugenol (65,92%), 1,8-cineole (74,65%), carene (23,93%), oktadienal (50,49%) (Abd-Alhadi et al., 2023) menunjukkan aktivitas antimikroba dan bahan kimia aromatik lainnya.yang tinggi dan dikelompokkan dalam *Generally Recognized as Safe* (GRAS) memiliki kemampuan antioksidan, antimikotik, antidiabetik, antioksigenik, dan antiparasit. Minyak atsiri tidak memberikan efek pada transparansi film, kemampuan tahan air, penguapan air, dan sifat mekanis film (Galus et al., 2020) bersifat hidrofobik dan mudah menguap (Mohamed et al., 2020).

Penelitian mengenai metode pembuatan kemasan antimikroba (Zhang et al., 2021), bioaktivitas, serta aplikasi *edible coating* dengan penambahan minyak atsiri (Ju et al., 2019; Muñoz-Tebar et al., 2023; Noori *and* Hossaeini Marashi, 2023; Yuan et al., 2016) telah didokumentasikan dalam beberapa review. Oleh karena itu, pada *review* ini fokus pada (1) Pengaruh minyak atsiri terhadap karakteristik fisika dan kimia *edible film* kitosan/pati (2) Pembahasan bioaktivitas *edible film* kitosan/pati/minyak atsiri terhadap berbagai mikroorganisme dalam pangan (3) Aplikasi *edible film* kitosan/pati/minyak atsiri pada produk pangan.

## KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* KITOSAN

Karakteristik dari *edible film* umumnya dilihat dari gugus fungsi yang terdapat dalam *edible film*, struktur permukaan film, sifat termal, sifat fisika yang berupa ketebalan film, warna, kelarutan, kelembapan film, *sweling*, serta sifat mekanis yang berupa *tensile strength, modulus young*, dan *elongation at break.*



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

**Karakteristik Gugus Fungsi dan Permukaan *Edible Film***

Analisis gugus fungsi menggunakan instrumen *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) mampu menunjukkan adanya interaksi antara kitosan, pati, dan minyak atsiri. Analisis ini juga menunjukkan pengaruh penambahan minyak atsiri ke dalam matriks polimer. Penambahan minyak atsiri memengaruhi interaksi dan ikatan kimia antara komponen-komponen film komposit kitosan. Pencampuran komponen-komponen tersebut menghasilkan peningkatan jumlah ikatan hidrogen antara minyak atsiri dan gugus hidroksil kitosan, serta interaksi antara gugus aldehida dalam minyak atsiri (jika ada) dan gugus amina molekul kitosan (Fu et al., 2024). Hasil analisis gugus fungsi dan permukaan *edible film* dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1**. Tabel hasil analisis gugus fungsi *edible film.*

| ***Edible film*** | **Analisis** |
|---|---|
| Kitosan/Pati gadung/Minyak serai | Citral, senyawa utama dari minyak serai (1722 $cm^{-1}$). Kitosan/Pati gadung/Minyak serai (3774 dan 3360 $cm^{-1}$), Reduksi elongasi OH atau NH bebas disebabkan interaksi ikatan hidrogen antara gugus O–H dari minyak serai dengan gugus OH atau NH dari kitosan. |
| Kitosan/Pati uwi/Minyak bawang | *Overlapping* –OH dan –NH (3390–3416 $cm^{-1}$), CH minyak bawang (709–751 $cm^{-1}$), puncak C–O sedikit bergeser ke frekuensi yang lebih besar karena interaksi matriks polimer. Amida I (1635–1641 $cm^{-1}$), amida II (1562 $cm^{-1}$) and amida III (1414–1417 $cm^{-1}$). Perbedaan formasi hidrogen antara $NH_2$ dan CH, OH dari minyak bawang menyebabkan pelebaran dan pergeseran puncak amida II dan memengaruhi puncak amida III |
| Kitosan/Pati ubi ungu/Minyak lidah buaya | *Overlapping* –OH dan N–H pada kitosan (3100–3700 $cm^{-1}$). Senyawa pada minyak lidah buaya, seperti antrakuinon dan turunannya, aloin dan emodin (1460–1745 $cm^{-1}$), C–C dan –CH aromatik (2925 $cm^{-1}$) |
| Kitosan/Pati jagung/Minyak krangean | Puncak vibrasi peregangan $–CH_3$ dan $–CH_2$ dari citral menghilang dan intensitas puncak gugus karbonil dari citral menurun secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh gaya van der Waals dan ikatan hidrogen antara minyak krangean dengan film kitosan/pati jagung/gliserol. |
| Kitosan/Pati singkong terasetilasi/Minyak oregano | Matriks campuran kitosan/pati singkong membentuk sejumlah besar interaksi jembatan H yang lemah dibandingkan dengan film kitosan. Peregangan ikatan C–H (~2930 $cm^{-1}$), vibrasi peregangan C–O (~1739 $cm^{-1}$), pembengkokan O–H air dalam pati (1650 $cm^{-1}$), peregangan C–O dan C–C dari cincin anhidroglukosa (1300~900 $cm^{-1}$), pembengkokan N–H dari gugus amida dalam kitosan/gliserol (~1538 $cm^{-1}$) dan bergeser ke kiri karena interaksi efektif antara kitosan, pati singkong, dan minyak oregano. |
| Kitosan/Pati jahe | –OH (3600–3200 $cm^{-1}$), –NH (3500 $cm^{-1}$). Gugus amina dari kitosan berinteraksi dengan gliserin dan pati jahe. Hasil dari interaksi tersebut adalah absorpsi –OH yang lebih rendah. |
| Kitosan/Minyak delima | Peregangan NH (3499 $cm^{-1}$), vibrasi C–H dari cis-alkena (3011 $cm^{-1}$), vibrasi peregangan C–O dari gugus karbonil dalam triasilgliserol (1744 $cm^{-1}$), peregangan C–H dari gugus metilen dan $–CH_2$ dalam lipid (2922 $cm^{-1}$), lembaran-β amida I (1635 $cm^{-1}$), lembaran-β amida III (984 $cm^{-1}$), pembengkokan CH (760 $cm^{-1}$). Penambahan minyak delima pada film kitosan menyebabkan pergeseran puncak spektral dari 3313 $cm^{-1}$ menjadi 3373 $cm^{-1}$ untuk vibrasi peregangan NH dan OH, dan dari 1546 $cm^{-1}$ menjadi 1554 $cm^{-1}$ yang menunjukkan perubahan dalam pembengkokan NH. Pergeseran dari 1379 $cm^{-1}$ menjadi 1364 $cm^{-1}$ dalam vibrasi peregangan CN dicatat, bersamaan dengan pengurangan signifikan dalam intensitas puncak. Puncak pada 2858 $cm^{-1}$ terbagi menjadi dua pada 2851 $cm^{-1}$ dan 2918 $cm^{-1}$, yang mencerminkan vibrasi CH simetris dan asimetris. Selain itu, intensitas puncak pada 1010 $cm^{-1}$, yang sesuai dengan peregangan C–O–C, menurun secara signifikan setelah penambahan minyak delima, kemungkinan karena interaksi ikatan hidrogen antara gugus hidroksil polifenol dan gugus hidroksil dan amino kitosan. |



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

Hasil analisis gugus fungsi menunjukkan bahwa penambahan minyak atsiri pada *edible film* kitosan/pati menghasilkan modifikasi kimia yang signifikan, terutama melalui pembentukan ikatan hidrogen dan perubahan pada gugus fungsional, seperti O–H, N–H, C=O, dan C–H. Setiap minyak atsiri memberikan efek yang berbeda terhadap struktur film. Minyak serai menunjukkan peningkatan yang signifikan pada ikatan hidrogen yang memperkuat struktur film dan dapat memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap kelembapan. Minyak bawang menunjukkan interaksi kuat dengan kitosan dan pati, meningkatkan kekuatan mekanis serta ketahanan terhadap air. Minyak lidah buaya memberikan stabilitas kimia tambahan melalui interaksi gugus aromatik dan meningkatkan bioaktivitas film. Minyak krangean memperlihatkan pengurangan intensitas gugus karbonil yang berkontribusi pada jaringan polimer yang lebih padat. Minyak oregano membentuk ikatan yang lebih lemah, namun tetap memberikan efek penguatan pada film.

**Karakteristik Permukaan *Edible Film***

Analisis permukaan *edible film* digunakan untuk melihat pengaruh penambahan minyak atsiri pada morfologi *edible film.* Penambahan minyak atsiri umumnya menyebabkan adanya pori dan permukaan menjadi kasar yang disebabkan oleh sifat hidrofobik dari minyak atsiri. Pembentukan pori tersebut dapat disebabkan oleh adanya molekul lipid pada minyak atsiri (Tügen et al., 2020). Peningkatan konsentrasi minyak atsiri yang ditambahkan dalam film menyebabkan pembesaran tetesan minyak. Tren ini dikaitkan dengan peningkatan kemungkinan tumbukan tetesan dan koalesensi berikutnya dalam minyak atsiri dengan kandungan lipid yang lebih tinggi (Evcil, 2024). Konsentrasi minyak atsiri yang lebih tinggi meningkatkan pencapaian saturasi dalam larutan kitosan. Hal ini dapat memengaruhi kelarutan minyak atsiri dalam larutan dan menyebabkan pembentukan tetesan yang lebih besar. Di sisi lain, pada konsentrasi yang lebih rendah, minyak atsiri dapat tersebar lebih efektif ke seluruh larutan sehingga menghasilkan tetesan yang lebih kecil. Hasil ini berkontribusi pada pemahaman tentang kelarutan dan dispersi minyak atsiri dan sifat emulsi. Konsentrasi minyak atsiri dapat memengaruhi sifat emulsi, seperti ukuran dan stabilitas tetesan. Struktur fisik film berubah khususnya pada konsentrasi minyak atsiri yang lebih tinggi yang melibatkan penyerapan fisik komponen minyak atsiri ke permukaan kitosan melalui berbagai interaksi non-kovalen (Khruengsai et al., 2024). Pengujian dapat dilakukan dengan uji penetesan air maupun uji biodegradabilitas. Hasil analisis permukaan *edible film* dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil analisis permukaan film menunjukkan bahwa minyak atsiri memengaruhi morfologi film dengan membentuk pori-pori atau permukaan kasar yang bervariasi tergantung pada konsentrasi minyak dan jenisnya. Minyak krangean menghasilkan film yang lebih lentur, sementara minyak delima menghasilkan tekstur kasar dengan distribusi yang tidak seragam. Minyak krangean terdistribusi secara merata, meskipun fase minyak dan molekul dasar pembentuk film mengalami pemisahan. Hal ini mengurangi kompatibilitas antar bahan, tetapi memberikan struktur film yang lebih longgar dan lentur. Mikrograf dari penambahan minyak oregano menunjukkan penurunan kekasaran permukaan, dengan partikel kecil terdistribusi secara homogen, yang meningkatkan ketahanan mekanis film. Sementara, penambahan minyak delima menyebabkan struktur permukaan yang kasar dan tidak seragam, terutama pada konsentrasi minyak yang lebih tinggi, menunjukkan adanya tetesan minyak yang tidak terdispersi dengan baik dalam matriks film. Hasil morfologi menunjukkan bahwa penambahan minyak atsiri menyebabkan film memiliki pori-pori yang lebih longgar, sehingga film lebih tahan terhadap kelembaban. Misalnya, dalam uji biodegradasi, *edible film* berbasis Kitosan/Pati dengan minyak serai mampu bertahan hingga 72 jam tanpa kehilangan strukturnya secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terpapar kondisi yang mempercepat degradasi, minyak atsiri dapat mempertahankan karakteristik awal film.



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

**Tabel 2**. Tabel hasil analisis permukaan *edible film.*

| ***Edible film*** | **Instrumen** | **Analisis** | **Referensi** |
|---|---|---|---|
| Kitosan/Pati jagung/Minyak krangean | *Scanning Electron Microscopy* | Minyak krangean tidak merubah struktur film dan terdistribusi secara merata. Film lebih longgar dan lentur, yang mungkin disebabkan oleh pemisahan fase minyak krangean dan molekul dasar pembentuk film. Pemisahan fase mengakibatkan berkurangnya kompatibilitas. | (Fu et al., 2024) |
| Kitosan/Pati singkong terasetilasi/Minyak oregano | *Scanning Electron Microscopy* | Mikrograf sistem kitosan/gliserol menunjukkan penampang yang padat dan homogen dengan adanya partikel yang tidak larut pada permukaan. Penambahan pati singkong terasetilasi mengakibatkan pembentukan lapisan, kekasaran, pemadatan dan kurang homogen dengan beberapa partikel pada permukaan daripada sistem kitosan/gliserol tanpa pati singkong. Partikel-partikel tersebut yang tertanam dalam matriks film dapat menghasilkan film yang diperkuat dengan ketahanan mekanis yang tinggi. Permukaan film dengan penambahan minyak oregano menunjukkan struktur granular kecil yang terdistribusi secara terus-menerus. Beberapa molekul biopolimer dapat mengendap karena perubahan hidrofilisitas matriks setelah penambahan dan homogenisasi minyak oregano. | (Hernández et al., 2024) |
| Kitosan/Pati gadung/Minyak Serai | Nikon Eclipse 80i Microscope dan *Scanning Electron Microscope* | Morfologi dari Kitosan/Pati gadung/Minyak serai sebelum dan sesudah uji biodegradabilitas dilakukan dengan 2 metode. *Edible film* terdegradasi setelah 72 jam. Namun, film ini masih mampu mempertahankan keadaan awalnya. Hal ini dapat dikaitkan dengan adanya afinitas air yang lebih tinggi, yang didukung oleh kadar air film oleh minyak serai. | (Istiqomah et al., 2022) |
| Kitosan/Pati ubi ungu/Minyak lidah buaya | Nikon Life Microscope | Permukaan *edible film* diuji dengan ditetesi air. Penambahan minyak lidah buaya menunjukkan permukaan yang lebih stabil pada *edible film.* | |
| Kitosan/Minyak delima | *Scanning Electron Microscope* | Film menunjukkan tekstur permukaan yang kasar dan tidak seragam. Film kitosan yang terintegrasi dengan minyak delima menunjukkan variasi signifikan dalam mikrostruktur, terutama pada konsentrasi minyak delima yang lebih tinggi. Penambahan minyak delima menyebabkan tampilan yang heterogen karena penggabungan tetesan minyak dalam matriks polisakarida. Sementara itu, film kitosan tanpa penambahan minyak delima dicirikan oleh permukaan yang halus dan datar tanpa retakan yang terlihat dan menunjukkan keseragaman. | (Evcil, 2024) |
| Kitosan/Minyak panggal buaya | *Scanning Electron Microscope* | Dispersi tetesan minyak tidak ada pada film kitosan tanpa minyak panggal buaya, sedangkan film yang mengandung minyak atsiri menunjukkan adanya banyak tetesan. Penambahan minyak atsiri meningkatkan kekasaran film. | (Khruengsai et al., 2024) |



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

**Karakteristik Termal *Edible Film***

Sifat termal pada film mempengaruhi resistensi pada temperatur dan aplikasinya sebagai pengemas makanan yang dapat melindungi makanan (integritas, pembekuan, kelembapan) ketika disimpan atau dalam keadaan suhu di bawah suhu ruang. Sifat termal umumnya dideteksi menggunakan instrumen *Diferential Scanning Calorimetry* (DSC) dan *Thermogravimetric Analysis* (TGA). Analisis termal menentukan beberapa parameter termasuk *glass transition temperature* (Tg) *melting point temperature* (Tm), suhu degradasi, dan persentase kristalisasi (Wang et al., 2021). *Edible film* kitosan/pati dan kitosan/pati/minyak atsiri menunjukkan pola degradasi yang mirip. Namun, penurunan massa yang lebih besar ditunjukkan pada film kitosan/pati. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa minyak atsiri mampu menjaga kestabilan termal dari film pada suhu tinggi (Istiqomah et al., 2022). Penggabungan film kitosan dengan minyak atsiri membentuk matriks film yang terorganisir dengan baik dengan struktur yang homogen. Matriks film homogen tersebut dapat meningkatkan stabilitas termal film (Fu et al., 2024). Hasil analisis termal *edible film* dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3**. Tabel hasil analisis termal *edible film.*

| ***Edible film*** | **Metode** | **Analisis** | **Referensi** |
|---|---|---|---|
| Kitosan/Pati/Minyak Serai | TGA-DSC | Minyak serai mampu meningkatkan stabilitas termal ari *film* yang memperkecil kehilangan massa daripada *film* tanpa penambahan minyak serai. Degradasi terakhir terjadi pada suhu 50–600 $^{o}$C yang berupa degradasi rantai polisakarida dan senyawa alami dari minyak serai | (Istiqomah et al., 2022) |
| | TGA | *Film* terdegradasi 25% pada suhu 900 °C | |
| Kitosan/Pati jahe | TGA-DTA | *Film* terdegradasi pada suhu 176,9695 $^{o}$C. | (Sariningsih et al., 2019) |
| Kitosan/Emulsi nano minyak thyme | DSC | Tidak ada perubahan temperatur yang signifikan. Konsentrasi emulsi minyak thyme yang meningkat menghasilkan kenaikan puncak T dari 205 menjadi 266 $^{\circ}$C yang mengindikasikan meningkatnya stabilitas termal *film* karena struktur homogen dari matriks *film* dengan minyak atsiri. | (Elshamy et al., 2021) |
| Kitosan/Minyak cengkeh terenkapsulasi | DSC | Penambahan minyak cengkeh terenkapsulasi menurunkan suhu. Nilai 159 $^{o}$C dan 202 $^{o}$C berhubungan dengan degradasi $HN_3$ dan degradasi polisakarida | (Saadat et al., 2022) |
| Kitosan/ Minyak oregano | TGA-DTG | Pengurangan massa pada 254 $^{o}$C berhubungan dengan senyawa minyak oregano pada matriks polimer | (Hernández et al., 2023) |

Analisis termal film dapat dilakukan menggunakan DSC dan TGA. Analisis DSC digunakan untuk mengukur transisi termal yang menunjukkan bagaimana minyak atsiri dapat mempengaruhi titik leleh atau *glass transition* film, yang merupakan indikator penting dalam pengemasan makanan yang terpapar pada suhu beragam. Film dengan minyak serai menunjukkan peningkatan suhu transisi yang menunjukkan bahwa minyak atsiri meningkatkan stabilitas film. Analisis menggunakan TGA memberikan informasi tentang dekomposisi termal dengan melacak perubahan massa. Hal ini diperlukan untuk mengetahui minyak atsiri mempengaruhi stabilitas terhadap degradasi. Minyak atsiri berperan dalam meningkatkan stabilitas termal *edible film* dan memperlambat proses degradasi film. Minyak serai memberikan kontribusi terbesar dalam menjaga stabilitas termal pada suhu tinggi, sementara film dengan minyak jahe menunjukkan stabilitas yang lebih rendah. Minyak serai berperan dalam menjaga kestabilan termal film, yang memperlambat penurunan massa pada suhu tinggi. Sementara, pada film kitosan/pati jahe mengalami degradasi pada suhu 176 $^{o}$C yang lebih rendah dibandingkan film dengan penambahan minyak atsiri lainnya dan menunjukkan stabilitas termal yang lebih rendah. Penambahan minyak atsiri, seperti minyak serai dan oregano, dapat memperlambat proses degradasi film.

**Karakteristik Fisik *Edible Film***

Ketebalan film penting untuk memastikan bahwa lembaran *film* fleksibel dapat digulung, dapat menyerap, dan memberikan proteksi secara maksimum, serta meningkatkan nilai nutrisi dari film (Utama et al., 2022).



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

Ketebalan film menentukan sifat fisika dan mekanis dari *edible film*, seperti kuat tarik, elongasi, kelarutan, dan *water vapor permeability*. Faktor yang mempengaruhi ketebalan *edible* film termasuk area dari plat yang digunakan untuk mencetak, volume dari suspensi yang digunakan, komponen, penggunaan pemlatis, dan proses pengeringan. Ketebalan *film* yang tipis akan mempercepat air dalam menembus film, sementara film yang tebal lebih baik dalam menahan air yang menguap (Rochima and Rostini, 2023). Ketebalan film meningkat ketika dilakukan penambahan minyak atsiri atau komponen hidrofobik dalam *edible film* (Istiqomah et al., 2022).

Warna dari *edible film* penting dalam perannya sebagai kemasan karena mempengaruhi tampilan pada film dan secara langsung mempengaruhi keberterimaan film dalam pasar konsumen (Valizadeh et al., 2019). Warna film juga dapat merubah penampilan luar dari makanan yang dikemas. Warna tidak hanya mempengaruhi tampilan makanan, namun juga mempengaruhi kualitas makanan karena eskposur pada cahaya luar (Wang et al., 2021). Kelembapan film menurun seiring dengan penambahan minyak atsiri yang berhubungan dengan pori dan mikrostruktur yang lebih renggang pada film (Zhao et al., 2022). Hal ini dapat disebabkan oleh sifat hidrofobik dari minyak atsiri (Zhao et al., 2022). Uji *swelling* dilakukan untuk mengetahui daya serap *edible film* terhadap air (Susilowati *and* Lestari, 2019). Hasil analisis fisik *edible film* dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Tabel hasil analisis fisik *edible film.*

| ***Edible film*** | **Analisis** | | | | | **Referensi** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Ketebalan (mm)** | **Warna** | **Kelarutan (%)** | **Kelembapan (%)** | **Swelling (%)** | |
| Kitosan/Pati gadung/Minyak serai | 0,22 | - | 15,11 | 27,78 % | 98,41 | (Istiqomah et al., 2022). |
| Kitosan/Pati jagung/Minyak krangean | 0,07 | - | 0,05 | - | - | (Fu et al., 2024) |
| Kitosan/Pati singkong terasetilasi/Minyak oregano | 0,094 | - | 24±8 | - | - | (Hernández et al., 2024) |
| Kitosan/Minyak delima | 0,66 | Kekuningan | 8,11 | 16,76 | - | (Evcil, 2024) |
| Kitosan/Minyak kayu manis | 0,15 | Kuning-kecokelatan | 12,50 | 10 | - | (Kaushani et al., 2023) |
| Kitosan/Minyak Panggal Buaya | 0,50 | - | 28,91 | - | - | (Khruengsai et al., 2024) |
| Kitosan/Emulsi nano minyak thyme | 0,15 | Kekuningan | 62,18 | 61 | - | (Elshamy et al., 2021) |
| Kitosan/Enkapsulasi nano minyak cengkeh | 0,09 | Kekuningan | - | 25,71 | - | (Hua et al., 2021) |
| Kitosan/Emulsi minyak cengkeh-minyak zein | 0,08 | - | - | - | - | (Xu et al., 2020) |

Film Kitosan/Pati gadung/Minyak serai memiliki ketebalan 0,22 mm, kelembapan 27,78%, dan nilai swelling yang tinggi (98,414%), menunjukkan kemampuan minyak atsiri dalam mempengaruhi daya serap air dan kelembapan film. Sementara, film Kitosan/Minyak delima lebih tebal (0,66 mm) dengan warna kekuningan dan kelarutan yang lebih rendah. Hal ini menandakan bahwa minyak delima mengurangi interaksi film dengan air, sehingga stabilitas selama penyimpanan dapat ditingkatkan. Penambahan minyak atsiri dapat mempengaruhi ketebalan, kelembapan, dan kelarutan *edible film*. Film dengan minyak serai menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap kelembapan, sementara minyak delima menghasilkan film yang lebih tebal dan tahan terhadap air. Penambahan minyak atsiri berdampak pada ketebalan, warna, dan kadar air *edible film* yang dihasilkan. Penambahan komponen hidrofobik, seperti minyak atsiri dapat mengurangi kadar air dalam film dan berkontribusi pada perubahan struktur mikro film menjadi lebih padat.



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

**Karakteristik Mekanis *Edible Film***

Secara umum, *film* dengan bahan dasar protein memiliki siat mekanis yang lebih baik dibandingkan *film* berbahan dasar polisakarida (Wang et al., 2021). Semakin banyak komposisi kitosan menghasilkan semakin tinggi kuat tarik dari *edible film* yang dihasilkan (Susilowati and Lestari, 2019). Minyak atsiri memiliki pengaruh penting dalam sifat mekanis *film*. Efek dari minyak atsiri bervariasi dan bergantung pada interaksi spesifik antara komponen minyak dan matriks polimernya. Minyak atsiri mampu meningkatkan kuat tarik *film* dengan mengubah *network* film menjadi lebih stabil dan lebih padat karena interaksi elektrostatik dan ikatan hidrogen antara minyak atsiri dan film kitosan (Wang et al., 2021).

Elongasi merupakan kemampuan *edible film* dalam memanjang sebelum putus (Susilowati *and* Lestari, 2019). Kenaikan nilai elongasi ini dapat diperoleh dengan penambahan minyak atsiri yang mengurangi kohesi polimer pada matriks *film*. Minyak atsiri sebagai senyawa yang hidrofobik akan menata ulang struktur biopolimer, menghasilkan *network film* yang tidak teratur (Zhao et al., 2022). Modulus Young merupakan ukuran kekakuan suatu bahan yang diperoleh dari perbandingan nilai uji kuat tarik dan elongasi (Susilowati *and* Lestari, 2019). Sudut kontak merupakan parameter penting dalam penentuan sifat hidrofilisitas pada permukaan *film* (Zhao et al., 2022). Hasil analisis mekanis *edible film* dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5**. Tabel hasil analisis mekanis *edible film*.

| ***Edible film*** | **Analisis** | | | | **Referensi** |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Kuat tarik (Mpa)** | **Elongasi (%)** | **Modulus Young (Mpa)** | **Sudut Kontak (º)** | |
| Kitosan/Pati jahe | 0,67 | 15,67 | - | - | (Sariningsih et al., 2019) |
| Kitosan/Emulsi nano minyak thyme | 2,24 | 118 | - | 85,90 | (Elshamy et al., 2021) |
| Kitosan/Enkapsulasi nano minyak cengkeh | 37,76 | 1,27 | - | - | (Hua et al., 2021) |
| Kitosan/Emulsi minyak cengkeh-minyak zein | 30,40 | 19,2 | - | - | (Xu et al., 2020) |
| Kitosan/Minyak oregano | 13,30 | 10,6 | 704 | < 65,00 | (Hernández et al., 2023) |

Film Kitosan/Enkapsulasi nano minyak thyme dengan kekuatan tarik yang tinggi sebesar 2,24 MPa dan elongasi 118% menunjukkan peningkatan ketahanan mekanis setelah penambahan minyak thyme. Sudut kontak sebesar 85,90° menunjukkan sifat hidrofobik yang baik. Film Kitosan/Minyak oregano memiliki modulus Young yang tinggi (704 MPa) dan elongasi sebesar 10,6%, yang menandakan bahwa minyak atsiri dapat membuat film lebih fleksibel. Minyak atsiri meningkatkan sifat mekanis film, terutama dalam kekuatan tarik dan hidrofobisitas. Peningkatan kuat tarik pada *edible film* membuat jaringan film lebih stabil dan padat. Sementara, semakin besar nilai elongasi membuat film menjadi lebih fleksibel dan mudah menyesuaikan diri dengan bentuk kemasan tanpa mudah robek. Hal ini penting untuk kemasan makanan yang memerlukan kelenturan untuk membungkus produk dengan berbagai ukuran dan bentuk.

**BIOAKTIVITAS *EDIBLE FILM* KITOSAN**

**Bioaktivitas Antibakteri**

Bioaktivitas pada *edible film* dapat dilihat dari sifat antibakteri. Mekanisme aktivitas antimikroba minyak atsiri dapat melalui pemisahan lapisan lemak pada membran sel, mengganggu sistem enzim, membentuk asam lemak hidroperoksidase yang diperoleh dari oksigenasi asam lemak tak jenuh. Secara umum, minyak atsiri dapat meningkatkan aktivitas antibakteri pada *edible film* kitosan (Yuan et al., 2016) yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Film Kitosan/Pati gadung/Minyak serai menunjukkan zona hambat antibakteri yang signifikan terhadap *Staph. aureus* (21,14 mm) dan *E. coli* (18,62 mm), menunjukkan bahwa minyak serai efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen. Film Kitosan/Minyak cengkeh memiliki aktivitas antibakteri yang baik terhadap *B. cereus*, meskipun zona hambatnya lebih kecil dibandingkan minyak serai. Minyak atsiri memberikan efek



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

antibakteri yang signifikan pada edible film. Minyak serai menunjukkan aktivitas antibakteri yang paling kuat, menjadikannya efektif untuk aplikasi pengemasan pangan yang membutuhkan perlindungan mikrobiologis.

**Tabel 6**. Tabel bioaktivitas antibakteri *edible film* kitosan.

| ***Edible film*** | **Analisis** | | | **Referensi** |
|---|---|---|---|---|
| | **Metode** | **Bakteri** | **Hasil** | |
| Kitosan | Difusi agar | *Staph. aureus, E. hirae, P. aeruginosa,* dan *E. coli* | MIC ≤ 4µL/mL | (Mouhoub et al., 2022) |
| Kitosan/Pati singkong/Asam sitrat/Minyak oregano | Agar disk | *Z. bailii* | 2 Log siklus | (Hernández et al., 2023) |
| Kitosan/Pati/Minyak lemon | TAMB | *E. coli* | 1,56 | (Perdana et al., 2021) |
| | | *S. thypimureum*<br>*Staph. aureus*<br>*B. cereus*<br>*C. albicans*<br>*A. niger* | 0,65±0,23<br>0,39±0,00<br>0,39±0,00<br>0,52±0,18<br>0,78±0,00 µl mL−1 | |
| Kitosan/Pati ubi uwi/Minyak bawang | Difusi agar | *E. coli*<br>*S. typhimurium*<br>*Staph. aureus*<br>*Staph. epidermidis* | 13,23 mm<br>8,78 mm<br>18,02 mm<br>20,25 mm | (Kusumaningsih et al., 2023) |
| Kitosan/Pati gadung/Minyak serai | Difusi agar | *Staph. aureus*<br>*Staph. epidermidis*<br>*E. coli*<br>*S. typhimurium* | 19,25 mm<br>22,14 mm<br>18,62 mm<br>9,96 mm | (Istiqomah et al., 2022) |
| Kitosan/Minyak cengkeh | Difusi agar | *B. cereus* dan *Staph. aureus* | 20 mm | (Abd-Alhadi et al., 2023) |
| Kitosan/Minyak panggal buaya | Difusi agar | *Staph. aureus*<br>*E. coli* | 21,33±2,07<br>15,85±5,51 | (Khruengsai et al., 2024) |
| Kitosan/Minyak delima | Difusi agar | *E.coli*<br>*Staph. aureus*<br>*C. albicans* | 8 mm<br>8 mm<br>8 mm | (Evcil, 2024) |
| Kitosan/Minyak cengkeh | Difusi agar | *A. niger* dan *A. flavus* | 1 x $10^8$ conidia/mL hinga 1 x $10^2$ conidia/mL | (Bilal et al., 2020) |
| Kitosan/Emulsi minyak cengkeh-minyak zein | Difusi agar | *Staph. aureus*<br>*E. coli* | $OD_{650\ nm}$ pada 0,26<br>$OD_{650nm}$ pada 0,33 | (Xu et al., 2020) |
| Kitosan/Minyak kayu manis | Difusi agar | *Staph. aureus*<br>*E. coli* | $OD_{650\ nm}$ pada 0,49<br>$OD_{650\ nm}$ pada 0,51 | (Kaushani et al., 2023) |
| Kitosan/Emulsi nano minyak thyme | Dilusi agar | *B. subtillis*<br>*E. coli* | 5,1 CFU/mL<br>4,9 CFU/mL | (Elshamy et al., 2021) |
| Kitosan/Minyak cengkeh terenkapsulasi | Dilusi | *B. mojavensis* dan *E. coli* | 10–11 mm | (Saadat et al., 2022) |
| Kitosan/Enkapsulasi nano minyak cengkeh | Difusi agar | *E. coli*<br>*Staph. aureus* | 3,29 mm<br>6,15 mm | (Hua et al., 2021) |



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

**Bioaktivitas Antioksidan**

Sifat antioksidan dari kitosan dipengaruhi oleh residu gugugs amino pada kitosan yang membentuk *fluorosphere* yang stabil dengan aldehida volatil dari pecahnya lemak selama oksidasi malondialdehida (Muñoz-Tebar et al., 2023). Pengaruh penambahan minyak atsiri pada bioaktivitas antioksidan *edible film* ditunjukkan pada Tabel 7.

**Tabel 7**. Tabel bioaktivitas antioksidan *edible film* kitosan.

| Edible Film | Analisis | | Referensi |
|---|---|---|---|
| | Metode | Hasil (%) | |
| Kitosan/Pati gembili/Minyak bawang | DPPH | 2,88 | (Kusumaningsih et al., 2023) |
| Kitosan/Minyak kayu manis | DPPH | 1,05 | (Kaushani et al., 2023) |
| Kitosan/Pati/Minyak serai | DPPH | 45,08 | (Istiqomah et al., 2022) |
| Kitosan/Minyak cengkeh terenkapsulasi | DPPH | 74 | (Saadat et al., 2022) |

Hasil uji bioaktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH digunakan untuk mengukur kemampuan *edible film* dalam menangkal radikal bebas. Film Kitosan/Pati/Minyak Serai menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi (45,08%), menandakan kemampuan minyak serai dalam meningkatkan kapasitas antioksidan film. *Edible film* Kitosan/Minyak cengkeh terenkapsulasi menunjukkan aktivitas yang lebih rendah (7,4%) dibandingkan minyak serai, meskipun tetap memberikan perlindungan terhadap oksidasi. Minyak atsiri dapat meningkatkan bioaktivitas antioksidan *edible film.* Minyak serai memiliki kemampuan terbaik dalam menangkal radikal bebas, menjadikannya efektif untuk menjaga stabilitas oksidatif produk pangan.

## APLIKASI *EDIBLE FILM* KITOSAN

Aplikasi *edible film* secara umum digunakan untuk melindungi makanan karena memiliki pengaruh pada daya simpan makanan. Bakteri maupun mikroorganisme jamur dan turunannya harus dihambat yang dapat menyebabkan pembusukan makanan karena metabolisme enzim pada makanan. *Edible film* kitosan dapat memperpanjang masa simpan dari produk holtikultural serta mempertahankan kualitas, senyawa alami, dan keberterimaan konsumen terhadap produk *Edible film* kitosan dapat diaplikasikan dalam berbagai produk sebagai kontrol pertukaran gas yang terkandung dalam makanan selama. *Edible film* kitosan juga mencegah hilangnya kelembapan selama masa penyimpanan, meminimalisir air dan pengurangan berat pada makanan. Proses transfer uap air pada *film* kitosan bergantung pada kandungan hidrofilik-hidrofobik *film.* Dimana, sifat hidrofobik dapat diperoleh dari minyak atsiri yang ditambahkan (Yuan et al., 2016).

Tabel 8 menunjukkan aplikasi edible film pada berbagai produk pangan dan pengaruhnya terhadap umur simpan dan kualitas produk. Film Kitosan/Pati jagung/Minyak krangean diaplikasikan pada strawberry dan menunjukkan pembusukan yang jauh lebih lambat dibandingkan kontrol. Strawberry yang dilapisi menunjukkan hanya 22% pembusukan setelah 5 hari penyimpanan, dibandingkan dengan 70% pada kelompok kontrol. Sementara, pada film Kitosan/Minyak Cengkeh-Nisin menujukkan umur simpan irisan daging babi dari 6 hari hingga 12 hari dapat diperpanjang. Penambahan minyak cengkeh dapat ini memberikan perlindungan mikrobiologis yang efektif. *Edible film* kitosan dengan minyak atsiri efektif memperpanjang umur simpan produk pangan. Aplikasi minyak krangean pada buah dan minyak cengkeh-nisin pada daging menunjukkan hasil yang sangat baik dalam menjaga kualitas dan kesegaran produk selama penyimpanan.



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

**Tabel 8**. Tabel aplikasi *edible film* kitosan.

| ***Edible film*** | **Aplikasi** | **Analisis** | **Referensi** |
|---|---|---|---|
| Kitosan/Pati terasetilasi/Minyak cengkeh/Minyak kayu manis | Daging sapi | Daging sapi yang dilapisi *film* pada hari ke-14 menunjukkan jumlah *E. Coli* daripada daging sapi yang tidak dilapisi *film* | (Choo et al., 2021) |
| Kitosan/Pati singkong terasetilasi/Minyak oregano | Sosis sapi | Permukaan sosis sapi dengan film diinokulasi dengan *E. coli* dan *L. innocua*. Sosis sapi tanpa film memungkinkan 1,7 dan 3,4 Log siklus pertumbuhan *E. coli* dan *L. innocua* masing-masing setelah 48 jam penyimpanan pada suhu 25 ◦C dan tidak memberikan aksi antimikroba. Sosis sapi dengan film memberikan efek bakteriostatik pada *E. coli* dan aksi bakterisida terhadap *L. innocua*, mengurangi populasi dalam 1,5 Log siklus setelah penyimpanan. Selain itu, setelah lapisan film dikeluarkan dari sosis sapi, sampel tetap bebas dari pertumbuhan mikroba. | (Hernández et al., 2024) |
| Kitosan/Pati uwi/Minyak bawang | Paprika | Paprika yang tidak dilapisi *film* mulai berlubang pada hari ke-6, sementara pertumbuhan bakteri pada paprika yang dilapisi *film* terhambat. Nilai TVC pada paprika yang dilapisi *film* sebesar 3,84-3,88 log CFU $mL^{-1}$ apabila dibandingkan tanpa *film* yaitu sebesar ,66 log CFU $mL^{-1}$ | (Kusumaningsih et al., 2023) |
| Kitosan/Pati jagung/Minyak krangean | Strawberry | Strawberry kontrol membusuk jauh lebih cepat daripada kelompok yang dilapisi dengan film. Setelah penyimpanan selama 3 hari, sekitar 28% dari kelompok kontrol membusuk, dan lebih dari 70% membusuk setelah 5 hari. Pembusukan strawberry yang dilapisi film setelah 3 hari dan setelah 5 hari penyimpanan hanya sekitar 22%. | (Fu et al., 2024) |
| Kitosan/Minyak cengkeh-nisin | Irisan daging babi | Masa simpan irisan daging babi tanpa *film* selama 6 hari dapat diperpanjang menjadi 12 hari | (Venkatachalam *and* Lekjing, 2020) |
| Kitosan/Minyak panggal buaya | Daging babi | Warna permukaan daging babi yang dibungkus dengan film kitosan/minyak panggal buaya berbeda secara signifikan jika dibandingkan dengan kontrol dan pembungkusan dengan film polietilen. Indeks kemerahan sampel daging babi menurun drastis pada kontrol dan pembungkusan dengan film polietilen sedangkan warna sampel daging babi yang dibungkus dengan film kitosan/minyak panggal buaya sedikit menurun. Masa simpan sampel daging babi diperpanjang hingga 6 hari untuk kelompok kontrol, 8 hari untuk sampel yang dibungkus dengan film polietilen. Masa simpan daging babi dengan film kitosan/minyak panggal buaya menunjukkan masa simpan yang lebih lama hingga 16 hari tanpa perubahan warna kemerahan pada daging babi selama penyimpanan. | (Khruengsai et al., 2024) |
| Kitosan/Minyak cengkeh | Apel | *Film* mampu mengurangi total mikroba pada apel yang telah dipotong | (W. Wang et al., 2021), |
| Kitosan/Emulsi nano minyak thyme | Daging segar | Memperpanjang umur simpan daging segar pada lemari pendingin (4 °C) sampai 6 hari | (Elshamy et al., 2021) |



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

## KESIMPULAN

*Review* ini merangkum (1) Pengaruh minyak atsiri terhadap karakteristik fisik, kimia, termal, dan mekanik *edible film* kitosan/pati dan (2) Pembahasan bioaktivitas *edible film* kitosan/pati/minyak atsiri terhadap berbagai mikroorganisme dalam pangan (3) Aplikasi *edible film* kitosan/pati/minyak atsiri pada produk pangan. *Edible film* kitosan banyak diteliti dan dikembangkan karena memiliki peran penting dalam pengawetan kesegaran buah-buahan, sayuran kering, daging, dan bahan makanan lain serta meningkatkan kualitasnya. Sifat fisika, kimia, dan mekanis dari *edible film* kitosan dapat ditingkatkan dengan penambahan pati dan pemlatis. Minyak atsiri dapat meningkatkan kuat tarik, elongasi, serta memperkuat matriks polimer antara kitosan/pati. Kandungan metabolit sekunder dalam minyak atsiri dapat meningkatkan bioaktivitas antibakteri maupun antioksidan pada *edible film* yang membantu melindungi produk pangan dari mikroorganisme. Aplikasi *edible film* sudah banyak dikembangkan dan dapat memperpanjang masa simpan serta mempertahankan kualitas produk dalam berbagai bidang. Sistem pelapis makanan kitosan/pati/minyak atsiri dapat dioptimalkan efektivitasnya. Kitosan bergantung pada kondisi strktural. Penambahan pati dan minyak atsiri dapat meningkatkan sifat mekanis pada *edible film* kitosan. Penelitian di masa depan mengenai penambahan berbagai minyak atsiri diperlukan untuk meningkatkan bioaktivitas pada *edible film* kitosan. Pekerjaan lebih lanjut diperlukan untuk memahami mekanisme interaksi antara kitosan, pati, dan minyak atsiri pada sistem pangan. Pengujian pada skala besar dan penerapan secara komersil dapat dipelajari lebih lanjut. Hal tersebut didukung dengan kelimpahan Indonesia akan sumber kitosan, pati, maupun minyak atsiri yang dapat dimanfaatkan.

## KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini.

## KONTRIBUSI PENULIS

SV: Konseptualisasi, penulisan naskah asli, dan editing. TK: Supervisi, review, dan editing. MF: Supervisi dan review.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh RKAT PTNBH Universitas Sebelas Maret Tahun Anggaran 2024 melalui skema Penelitian PENELITIAN UNGGULAN TERAPAN (PUT-UNS) dengan Nomor Perjanjian Penugasan Penelitian : 194.2/UN27.22/PT.01.03/2024.

## DAFTAR PUSTAKA

Abd-Alhadi, R., Abou-Ghorrah, S., and Al Oklah, B., 2023. Physical Properties, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Chitosan Edible Films Containing Essential Oils. *Journal of Nutrition and Food Security*, 8, 212–220. https://doi.org/10.18502/jnfs.v8i2.12595.

Abera, B., Duraisamy, R., and Birhanu, T., 2024. Study on the Preparation and Use of Edible Coating of Fish Scale Chitosan and Glycerol Blended Banana Pseudostem Starch for the Preservation of Apples, Mangoes, and Strawberries. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 100916. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100916.

Afifah, N., Sholichah, E., Indrianti, N.A.D., and Darmajana, 2018. The Effect of Plasticizer Combination on Characteristics of Edible Film from Carrageenan and Beeswax. *Biopropal Industri*, 9, 49–60.

Ayyubi, S.N., Purbasari, A., and Kusmiyati, 2022. The Effect of Composition on Mechanical Properties of Biodegradable Plastic Based on Chitosan/Cassava Starch/PVA/Crude Glycerol: Optimization of the Composition Using Box Behnken Design. *Materials Today: Proceedings*, 63, S78–S83. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.294.

Bilal, M., Zhao, Y., and Iqbal, H.M.N., 2020. Development and Characterization of Essential Oils Incorporated Chitosan-Based Cues with Antibacterial and Antifungal Potentialities. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 13, 174–179. https://doi.org/10.1080/16878507.2020.1719336.

Chawla, R., Sivakumar, S., and Kaur, H., 2021. Antimicrobial Edible Films in Food Packaging: Current Scenario and Recent Nanotechnological Advancements- a Review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100024. https://doi.org/10.1016/j.carpta.2020.100024.



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

Choo, K.W., Lin, M., and Mustapha, A., 2021. Chitosan/Acetylated Starch Composite Films Incorporated with Essential Oils: Physiochemical and Antimicrobial Properties. *Food Bioscience*, 43, 101287. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101287.

Díaz-Montes, E., and Castro-Muñoz, R., 2021. Edible Films and Coatings as Food-Quality Preservers: An Overview. *Foods*, 10, 249. https://doi.org/10.3390/foods10020249.

do Nascimento, A., Toneto, L.C., Lepaus, B.M., Valiati, B.S., Faria-Silva, L., and de São José, J.F.B., 2023. Effect of Edible Coatings of Cassava Starch Incorporated with Clove and Cinnamon Essential Oils on the Shelf Life of Papaya. *Membranes*, 13, 772. https://doi.org/10.3390/membranes13090772.

Elsabee, M.Z., and Abdou, E.S., 2013. Chitosan Based Edible Films and Coatings: A Review. *Materials Science and Engineering: C*, 33, 1819–1841. https://doi.org/10.1016/j.msec.2013.01.010.

Elshamy, S., Khadizatul, K., Uemura, K., Nakajima, M., and Neves, M.A., 2021. Chitosan-Based Film Incorporated with Essential Oil Nanoemulsion Foreseeing Enhanced Antimicrobial Effect. *Journal of Food Science and Technology*, 58, 3314–3327. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04888-3.

Evcil, M., 2024. Production of a Novel Biodegradable Film Made from Chitosan and Pomegranate (*Punica granatum* L.) Seed Essential Oil. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 8, 261–272. https://doi.org/10.31015/jaefs.2024.2.3.

Fitriyanti, F., Rochima, E., Rostini, I., and Pratama, R.I., 2023. Physical Characteristics of Biocomposite Edible Films Based on Fish Gelatin and Nanochitosan with the Addition of Beeswax: A Review. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 21, 1–10. https://doi.org/10.9734/ajfar/2023/v21i5549.

Fu, H., Wang, L., Gu, J., Peng, X., and Zhao, J., 2024. Effects of Litsea Cubeba Essential Oil–Chitosan/Corn Starch Composite Films on the Quality and Shelf-Life of Strawberry (Fragaria × Ananassa). *Foods*, 13, 599. https://doi.org/10.3390/foods13040599.

Galus, S., Arik Kibar, E.A., Gniewosz, M., and Kraśniewska, K., 2020. Novel Materials in the Preparation of Edible Films and Coatings—A Review. *Coatings*, 10, 674. https://doi.org/10.3390/coatings10070674.

Gasti, T., Dixit, S., Hiremani, V.D., Chougale, R.B., Masti, S.P., Vootla, S.K., and Mudigoudra, B.S., 2022. Chitosan/Pullulan Based Films Incorporated with Clove Essential Oil Loaded Chitosan-ZnO Hybrid Nanoparticles for Active Food Packaging. *Carbohydrate Polymers*, 277, 118866. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118866.

Gomes de Menezes, F.L., de Lima Leite, R.H., Gomes dos Santos, F.K., Aria, A.I., and Aroucha, E.M.M., 2021. $TiO_2$-Enhanced Chitosan/Cassava Starch Biofilms for Sustainable Food Packaging. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 630, 127661. https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.127661.

Hernández, M.S., Ludueña, L.N., and Flores, S.K., 2024. Combined Effect of Oregano Essential Oil and Glycerol on Physicochemical Properties of Antimicrobial Films Based on Chitosan and Acetylated Cassava Starch. *Food Hydrocolloids*, 156, 110259. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110259.

Hernández, M.S., Ludueña, L.N., and Flores, S.K., 2023. Citric Acid, Chitosan and Oregano Essential Oil Impact on Physical and Antimicrobial Properties of Cassava Starch Films. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 5, 100307. https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100307.

Hua, L., Deng, J., Wang, Z., Wang, Y., Chen, B., Ma, Y., Li, X., and Xu, B., 2021. Improving the Functionality of Chitosan-Based Packaging Films by Crosslinking with Nanoencapsulated Clove Essential Oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 192, 627–634. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.09.197.

Imran, M., khan, A.S., khan, M.A., Saeed, M.U., Noor, N., Warsi, M.H., and Qadir, Dr.A., 2021. Antimicrobial Activity of Different Plants Extracts against Staphylococcus Aureus and Escherichia Coli. *Polymers in Medicine*, 51, 69–75. https://doi.org/10.17219/pim/143424.

Istiqomah, A., Prasetyo, W.E., Firdaus, M., and Kusumaningsih, T., 2022. Valorization of Lemongrass Essential Oils onto Chitosan-Starch Film for Sustainable Active Packaging: Greatly Enhanced Antibacterial and Antioxidant Activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 210, 669–681. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.04.223.

Ju, J., Xie, Y., Guo, Y., Cheng, Y., Qian, H., and Yao, W., 2019. Application of Edible Coating with Essential Oil in Food Preservation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59, 2467–2480. https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1456402.

Kaushani, K.G., Katuwavila, N.P., Jayasinghe, R.A., Nilmini, A.H.I.R., and Priyadarshana, G., 2023. Evaluation of Antimicrobial and Antioxidant Effect of Chitosan-Based Edible, Biodegradable Films Containing Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) Essential Oil from Food Packaging, in: *The 14th International Conference on Sustainable Built Environment*. ICSBE, 15–17 December 2023, Kandy, Sri Lanka, pp. 770–779.



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

Khruengsai, S., Phoopanasaeng, P., Sripahco, T., Soykeabkaew, N., and Pripdeevech, P., 2024. Application of Chitosan Films Incorporated with *Zanthoxylum limonella* Essential Oil for Extending Shelf Life of Pork. *International Journal of Biological Macromolecules*, 262, 129703. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129703.

Kusumaningsih, T., Istiqomah, A., Firdaus, M., and Suryanti, V., 2023. A Green Metrics Approach toward Antibacterial Chitosan Starch-Based Films Reinforced with Garlic Oil for Extending the Shelf-Life of *Capsicum Annum*. *International Journal of Food Science & Technology*, 58, 5311–5318. https://doi.org/10.1111/ijfs.16638.

Lestari, E.N.E., Nisa, K., Suryani, A.E., and Kusumaningsih, T., 2024. Encapsulation of Peperomia Pellucida (L.) Kunth Leaf Extract for Postharvest Preservation of Malang Apple (*Malus sylvestris*) at Ambient Storage. *Food Bioscience*, 61, 104808. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104808.

Liu, X., Zhang, C., Liu, S., Gao, J., Cui, S.W., and Xia, W., 2020. Coating White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) with Edible Fully Deacetylated Chitosan Incorporated with Clove Essential Oil and Kojic Acid Improves Preservation during Cold Storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 1276–1282. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.248.

Mashuni, M., Natsir, M., Lestari, W.M., Hamid, F.H., and Jahiding, M., 2021. Pemanfaatan Kitosan dari Cangkang Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) dengan Metode Microwave Sebagai Bahan Dasar Kapsul Obat. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 17, 74–82. https://doi.org/10.20961/alchemy.17.1.42038.74-82.

Mohamed, S.A.A., El-Sakhawy, M., and El-Sakhawy, M.A.-M., 2020. Polysaccharides, Protein and Lipid-Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review. *Carbohydrate Polymers*, 238, 116178. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116178.

Mostafavi, F.S., and Zaeim, D., 2020. Agar-Based Edible Films for Food Packaging Applications - A Review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 159, 1165–1176. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.123.

Mouhoub, A., Guendouz, A., Belkamel, A., El Alaoui Talibi, Z., Ibnsouda Koraichi, S., El Modafar, C., and Delattre, C., 2022. Assessment of the Antioxidant, Antimicrobial and Antibiofilm Activities of Essential Oils for Potential Application of Active Chitosan Films in Food Preservation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38, 179. https://doi.org/10.1007/s11274-022-03363-9.

Muñoz-Tebar, N., Pérez-Álvarez, J.A., Fernández-López, J., and Viuda-Martos, M., 2023. Chitosan Edible Films and Coatings with Added Bioactive Compounds: Antibacterial and Antioxidant Properties and Their Application to Food Products: A Review. *Polymers*, 15, 396. https://doi.org/10.3390/polym15020396.

Nahar, S., Ha, A.J., Byun, K.-H., Hossain, Md.I., Mizan, Md.F.R., and Ha, S.-D., 2021. Efficacy of Flavourzyme against Salmonella Typhimurium, Escherichia Coli, and Pseudomonas Aeruginosa Biofilms on Food-Contact Surfaces. *International Journal of Food Microbiology*, 336, 108897. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108897.

Noori, S.M.A., and Hossaeini Marashi, S.M., 2023. Chitosan-Based Coatings and Films Incorporated with Essential Oils: Applications in Food Models. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17, 4060–4072. https://doi.org/10.1007/s11694-023-01931-7.

Perdana, M.I., Ruamcharoen, J., Panphon, S., and Leelakriangsak, M., 2021. Antimicrobial Activity and Physical Properties of Starch/Chitosan Film Incorporated with Lemongrass Essential Oil and Its Application. *LWT*, 141, 110934. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110934.

Saadat, S., Rawtani, D., and Rao, P.K., 2022. Antibacterial Activity of Chitosan Film Containing Syzygium Aromaticum (Clove) Oil Encapsulated Halloysite Nanotubes against Foodborne Pathogenic Bacterial Strains. *Materials Today Communications*, 32, 104132. https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.104132.

Sariningsih, N., Handayani, D.S., and Kusumaningsih, T., 2019. Development and Characterization of the Mechanical Properties of Edible Film from Ginger Starch, Chitosan with Glycerin as Plasticizer to Food Packaging. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 600, 012011. doi: https://doi.org/10.1088/1757-899X/600/1/012011.

Sartika, M., Rambe, F.R., Parinduri, S.Z.D.M., Harahap, H., Nasution, H., Lubis, M., Taslim, and Manurung, R., 2022. Tensile Properties of Edible Films from Various Types of Starch with the Addition of Glycerol as Plasticizer: A Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1115, 012075. doi: https://doi.org/10.1088/1755-1315/1115/1/012075.

Sateriale, D., Forgione, G., De Cristofaro, G.A., Facchiano, S., Boscaino, F., Pagliuca, C., Colicchio, R., Salvatore, P., Paolucci, M., and Pagliarulo, C., 2022. Towards Green Strategies of Food Security: Antibacterial Synergy of Essential Oils from Thymus Vulgaris and Syzygium Aromaticum to Inhibit *Escherichia coli* and



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183

*Staphylococcus aureus* Pathogenic Food Isolates. *Microorganisms*, 10, 2446. https://doi.org/10.3390/microorganisms10122446.

Susilowati, E., and Lestari, A.E., 2019. Preparation and Characterization of Chitosan-Avocado Seed Starch (KIT-PBA) Edible Film. *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, 4, 197–204. https://doi.org/10.20961/jkpk.v4i3.29846.

Tügen, A., Ocak, B., and Özdestan-Ocak, Ö., 2020. Development of Gelatin/Chitosan Film Incorporated with Lemon Essential Oil with Antioxidant Properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 3010–3019. https://doi.org/10.1007/s11694-020-00547-5.

Utama, G.L., Dinika, I., Nurmilah, S., Masruchin, N., Nurhadi, B., and Balia, R.L., 2022. Characterization of Antimicrobial Composite Edible Film Formulated from Fermented Cheese Whey and Cassava Peel Starch. *Membranes*, 12, 636. https://doi.org/10.3390/membranes12060636.

Valizadeh, S., Naseri, M., Babaei, S., Hosseini, S.M.H., and Imani, A., 2019. Development of Bioactive Composite Films from Chitosan and Carboxymethyl Cellulose Using Glutaraldehyde, Cinnamon Essential Oil and Oleic Acid. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134, 604–612. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.071.

Venkatachalam, K., and Lekjing, S., 2020. A Chitosan-Based Edible Film with Clove Essential Oil and Nisin for Improving the Quality and Shelf Life of Pork Patties in Cold Storage. *RSC Advances*, 10, 17777–17786. https://doi.org/10.1039/D0RA02986F.

Wang, H., Ding, F., Ma, L., and Zhang, Y., 2021. Edible Films from Chitosan-Gelatin: Physical Properties and Food Packaging Application. *Food Bioscience*, 40, 100871. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100871.

Wang, W., Zhang, Y., Yang, Z., and He, Q., 2021. Effects of Incorporation with Clove (Eugenia Caryophyllata) Essential Oil (CEO) on Overall Performance of Chitosan as Active Coating. *International Journal of Biological Macromolecules*, 166, 578–586. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.215.

Wibowo, A.H., Fehragucci, H., and Purnawan, C., 2023. Effect of Plasticizer Addition on The Characteristics of Chitosan-Alginate Edible Film. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 19, 123–129. https://doi.org/10.20961/alchemy.19.2.71348.123-129.

Xu, Y., Chu, Y., Feng, X., Gao, C., Wu, D., Cheng, W., Meng, L., Zhang, Y., and Tang, X., 2020. Effects of Zein Stabilized Clove Essential Oil Pickering Emulsion on the Structure and Properties of Chitosan-Based Edible Films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 156, 111–119. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.027.

Yuan, G., Chen, X., and Li, D., 2016. Chitosan Films and Coatings Containing Essential Oils: The Antioxidant and Antimicrobial Activity, and Application in Food Systems. *Food Research International*, 89, 117–128. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.004.

Zhang, X., Ismail, B.B., Cheng, H., Jin, T.Z., Qian, M., Arabi, S.A., Liu, D., and Guo, M., 2021. Emerging Chitosan-Essential Oil Films and Coatings for Food Preservation - A Review of Advances and Applications. *Carbohydrate Polymers*, 273, 118616. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118616.

Zhao, R., Guo, H., Yan, T., Li, J., Xu, W., Deng, Y., Zhou, J., Ye, X., Liu, D., and Wang, W., 2022. Fabrication of Multifunctional Materials Based on Chitosan/Gelatin Incorporating Curcumin-Clove Oil Emulsion for Meat Freshness Monitoring and Shelf-Life Extension. *International Journal of Biological Macromolecules*, 223, 837–850. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.10.271.



Copyright © 2025, Universitas Sebelas Maret, ISSN 1412-4092, e ISSN 2443-4183