

Karakterisasi *Edible Film* Kitosan dengan Penambahan Larutan Garam Sebagai Antibakteri

Characterization of Chitosan *Edible Film* by Addition of Salt Solution as an Antibacterial

Noer Rahmah Zhanifathul Abhidah¹, Laksmi Sulmartiwi^{2*}, and Mochammad Amin Alamsjah²

¹Fishery Product Technology Study Program, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Airlangga University, Surabaya, East Java, Indonesia

^{2*}Department of Marine Sciences, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Airlangga University, Surabaya, East Java, Indonesia

Article Info

Received: 2024-05-19

Revised: 2025-06-25

Accepted: 2025-06-26

Online: 2025-06-30

Koresponding: Laksmi
Sulmartiwi, Department of
Marine Sciences, Faculty of
Fisheries and Marine Sciences,
Airlangga University, Surabaya,
East Java, Indonesia

E-mail:
laksmi.sulmartiwi@fpk.unair.ac.id

Abstrak

Edible film merupakan bioplastik berbentuk lapisan tipis yang dapat dikonsumsi bersama produk pangan dan berfungsi sebagai penghambat O₂, CO₂, serta mengontrol zat terlarut dengan mengurangi kelembaban, respirasi, dan laju oksidasi tanpa mengubah komponen makanan. Untuk meningkatkan fungsinya, *edible film* dapat ditambahkan zat aktif seperti antimikroba alami, salah satunya garam yang dikenal dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Penelitian ini penting dalam pengembangan bioplastik karena menawarkan solusi ramah lingkungan untuk kemasan pangan dan mengurangi ketergantungan pada plastik konvensional serta bahan pengawet kimia. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penambahan larutan garam (0%, 2%, 4%, dan 6%) terhadap karakteristik mikrobiologi dan fisik *edible film* berbasis kitosan. Data fisik dianalisis menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor, dilanjutkan dengan uji ANOVA dan *Duncan's Multiple Range* (DMRT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *edible film* kitosan mampu menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* dengan diameter daya hambat 4,88 mm, yang tergolong aktivitas antibakteri lemah. Karakteristik fisik film menunjukkan variasi signifikan dengan ketebalan 0,062–0,074 mm, kuat tarik 1,127–1,822 MPa, dan elongasi 115,7–120,3%. Secara keseluruhan, *edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam memenuhi standar Japanese International Standard JIS Z-1707, sehingga memiliki potensi sebagai bahan pengemasan pangan yang lebih aman dan ramah lingkungan.

Kata kunci: Antibakteri, *edible film*, garam, kitosan, kualitas

Abstract

Edible film is a type of bioplastic in the form of a thin layer that can be consumed along with food products. It functions as a barrier to O₂ and CO₂ and helps control dissolved substances by reducing moisture, respiration, and oxidation rates without altering food components. To enhance its functionality, edible film can be fortified with active substances such as natural antimicrobials—one of which is salt, known for its ability to inhibit bacterial growth. This research is important in the development of bioplastics as it offers an environmentally friendly solution for food packaging, reducing reliance on conventional plastics and chemical preservatives. The study aims to analyze the effect of adding salt solution (0%, 2%, 4%, and 6%) on the microbiological and physical characteristics of chitosan-based edible film. Physical data were analyzed using a one-factor Completely Randomized Design (CRD), followed by ANOVA and Duncan's Multiple Range (DMRT) tests. The results showed that chitosan edible film could inhibit *Staphylococcus aureus* with an inhibition zone diameter of 4.88 mm, categorized as weak antibacterial activity. The physical characteristics of the film showed significant variations, with thickness ranging from 0.062–0.074 mm, tensile strength from 1.127–1.822 MPa, and elongation from 115.7–120.3%. Overall, chitosan edible film with added salt solution met the Japanese International Standard JIS Z-1707, indicating its potential as a safer and more environmentally friendly food packaging material.

Keywords: Antibacterial, edible film, salt, chitosan, quality

1. Pendahuluan

Kemasan merupakan alat utama dalam melindungi dan mencegah kerusakan produk pangan. Kemasan bertindak sebagai penghalang oksigen, kelembaban, senyawa kimia yang mudah menguap, dan mikroorganisme yang merusak pangan (Conte *et al.*, 2013). Jenis bahan pengemas yang banyak digunakan oleh masyarakat yaitu plastik konvensional (non-biodegradable). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), sampah plastik di Indonesia mencapai 65,2 juta ton/tahun. Indonesia turut menempati posisi kedua dunia sebagai penghasil sampah plastik di laut mencapai 187,2 juta ton setelah China (Jambeck *et al.*, 2015). Jika penggunaan plastik konvensional tetap diteruskan, maka sampah plastik akan terus meningkat, sebab plastik sulit terdegradasi sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan (Borghei *et al.*, 2010). Alternatif baru dalam menangani permasalahan tersebut dapat menggunakan plastik yang bersifat biodegradable (bioplastik).

Bioplastik, khususnya *edible film*, dapat berkontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan sebagai alternatif ramah lingkungan dibandingkan dengan plastik konvensional. *Edible film* merupakan salah satu jenis bioplastik berbentuk lapisan tipis yang dapat dimakan bersamaan dengan produk

pangan yang dikemas (Kang *et al.*, 2013). *Edible film* berperan sebagai penghambat O₂, CO₂, dan mengontrol pergerakan zat terlarut dengan cara mengurangi kelembaban, respirasi, dan laju oksidasi tanpa mempengaruhi komponen pada produk (Das *et al.*, 2013). Penggunaan *edible film* sebagai pengemas pangan dapat mengurangi ketergantungan pada plastik berbasis minyak bumi yang tidak terdegradable, serta mengurangi pencemaran mikroplastik yang saat ini menjadi masalah global. Meskipun *edible film* memiliki potensi yang besar dalam menggantikan plastik konvensional, tantangan dalam pengembangannya tetap ada. Isu efisiensi biaya, daya tahan, dan pengaruh bahan tambahan terhadap sifat mekanik dan fungsional dari film menjadi hambatan besar dalam skala komersialisasi. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk mencari solusi yang lebih baik dalam hal formulasi dan pengembangan *edible film* yang lebih efisien, dengan sifat mekanik yang tetap baik serta biaya produksi yang terjangkau.

Komponen utama penyusun *edible film* terdiri dari hidrokoloid (seperti polisakarida dan pati), lipid (seperti asam lemak dan lilin), dan komposit (gabungan hidrokoloid dan lipid) (Milani and Nemati, 2022). Hidrokoloid menjadi salah satu bahan utama yang sering digunakan dalam pembuatan *edible film* karena mengandung gugus hidroksil sehingga

memiliki kekuatan gel yang bagus dan bersifat hidrofilik (Sitanggang, 2020). Kitosan adalah polisakarida linear turunan kitin yang paling melimpah di alam setelah selulosa, bersifat hidrofobik, dan memiliki kemampuan membentuk film yang baik (Chandra *et al.*, 2023). Film berbahan dasar kitosan menunjukkan karakteristik selektif terhadap transmisi oksigen dan sifat mekanik yang kuat, sifat mekanik dan hambatan film komposit berbasis kitosan yang dikombinasikan dengan plastikizer, polisakarida, protein, dan lipid. Film komposit ini sering kali menunjukkan kekuatan mekanik yang superior dan kinerja hambatan yang ditingkatkan dibandingkan dengan film kitosan murni, memperluas potensi aplikasi kitosan dalam kemasan makanan (Shi *et al.*, 2024). Kitosan memiliki aktivitas antimikroba yang luas, efektif menghambat pertumbuhan berbagai mikroorganisme patogen, termasuk bakteri gram positif dan negatif, serta jamur. Aktivitas ini dipengaruhi oleh sifat kationik kitosan yang memungkinkan interaksi elektrostatis dengan membran sel mikroba, menyebabkan kerusakan struktural dan kebocoran komponen seluler (Goy *et al.*, 2016). Aktivitas antibakteri kitosan disebabkan oleh interaksi elektrostatis antara gugus amina bermuatan positif ($-NH_3^+$) pada kitosan dengan gugus karboksilat bermuatan negatif ($-COO^-$) pada permukaan membran sel bakteri, yang mengarah pada gangguan integritas membran dan kebocoran komponen intraseluler bakteri (Wu *et al.*, 2023). Hal ini membuat Kitosan merupakan bahan biopolimer yang sangat cocok untuk diformulasikan menjadi kemasan layak makan (*edible film*), yang telah terbukti efektif dalam memperpanjang masa simpan berbagai produk pangan, seperti buah, sayuran, dan produk olahan lainnya (Kerch, 2015).

Penggunaan *edible film* juga dapat ditambahkan bahan aktif lainnya seperti zat antimikroba alami dan/atau antioksidan untuk mengontrol perubahan kualitas produk pangan yang dikemas (Lazo *et al.*, 2022). Agen antimikroba alami dapat dimasukkan ke dalam suspensi yang sesuai untuk meningkatkan

fungsi *edible film* (Sánchez-Ortega *et al.*, 2014). Salah satu agen antimikroba alami yang dapat ditambahkan ialah garam. Garam memiliki peran dalam menghambat pertumbuhan bakteri, khususnya *Staphylococcus aureus* (Yang *et al.*, 2023). Garam dikatakan sebagai antibakteri karena dapat menonaktifkan sistem enzim yang penting bagi sel dan memperlambat atau menghentikan pertumbuhan sel mikroba (Kumar *et al.*, 2017). Garam tergolong ke dalam bahan tambahan pangan yang mudah ditemukan dengan harga yang relatif murah dan bersifat non-toksik. Penambahan bahan aktif antimikroba ke dalam *edible film* menjadi kombinasi baru yang bersifat sebagai penghalang sekaligus menghambat pertumbuhan bakteri (Winarti, 2012).

Penelitian yang dilakukan Ramadhani *et al.* (2023) terkait *edible film* kitosan dengan ekstrak daun jati menunjukkan hasil adanya aktivitas antibakteri sehingga memungkinkan produk yang dikemas menjadi lebih awet. Penelitian oleh Bedel *et al.* (2015) terkait kombinasi kitosan dengan natrium bikarbonat juga menunjukkan adanya aktivitas antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *S. aureus*. Namun, penelitian terkait *edible film* kitosan dengan larutan garam belum pernah dilakukan, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui karakterisasi penambahan konsentrasi larutan garam sebagai antibakteri pada pembuatan *edible film* kitosan.

2. Material and Metode

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kitosan komersial (CV. ChiMultiguna), gliserol (PT. Smart Lab), akuades, asam asetat glasial (komersial), dan garam industri dengan kemurnian 97% (CV. Arifin Garam). Untuk uji aktivitas antibakteri, digunakan bakteri *S. aureus* ATCC 25923 dan *E. coli* ATCC 25922. Media yang digunakan adalah Nutrient Agar (NA) dan Mueller Hinton Agar (MHA), serta larutan baku McFarland 0,5 sebagai standar kekeruhan bakteri.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan analitik, kaca arloji, spatula, gelas beker 250 mL, gelas ukur 100 mL, hot plate, magnetic stirrer, termometer, mikropipet beserta microtip, cawan petri (diameter 9 cm), oven, sonikator, timer, tabung reaksi, autoklaf, erlenmeyer, kertas cakram, jarum ose, kapas steril (cotton swab), vortex, jangka sorong (least count 0,05 mm), inkubator, aluminium foil, plastik wrap, dan rak tabung reaksi.

Penelitian ini menggunakan metode percobaan laboratoris dengan desain eksperimen Rancangan Acak Lengkap (RAL), yang melibatkan satu faktor utama, yaitu konsentrasi larutan garam. Penelitian ini memiliki empat perlakuan dengan lima kali ulangan. Konsentrasi larutan garam yang ditambahkan pada *edible film* kitosan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Amalia *et al.* (2016), yang menunjukkan bahwa larutan garam dengan konsentrasi 15% efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* (Gram positif). Dengan asumsi bahwa konsentrasi tersebut juga dapat menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* (Gram negatif), maka penelitian ini menggunakan rentang konsentrasi larutan garam dari 0%, 2%, 4%, dan 6%. Perlakuan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: P0: *Edible film* kitosan tanpa penambahan larutan garam, P1: *Edible film* kitosan dengan penambahan 2% larutan garam, P2: *Edible film* kitosan dengan penambahan 4% larutan garam, P3: *Edible film* kitosan dengan penambahan 6% larutan garam.

Variabel yang dianalisis dalam penelitian ini terdiri dari tiga kategori, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel terkontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi larutan garam yang digunakan (0%, 2%, 4%, dan 6%). Variabel terikat meliputi diameter daya hambat, ketebalan, elongasi, dan kuat tarik dari *edible film* kitosan. Sedangkan variabel terkontrol mencakup bahan (konsentrasi pelarut, kemurnian), alat (ukuran dan bentuk cetakan, ketelitian alat), metode pembuatan film, volume

larutan, suhu pemanasan dan pengeringan, serta waktu pemanasan dan pengeringan.

Prosedur dalam penelitian ini terdiri dari dua tahap utama, yaitu pembuatan *edible film* kitosan dan karakterisasi mikrobiologi serta fisik. Pembuatan *edible film* dimulai dengan pembuatan stok larutan garam, diikuti dengan pembuatan *edible film*. Selanjutnya, karakterisasi mikrobiologi dilakukan dengan mengukur diameter daya hambat yang terbentuk, sementara karakterisasi fisik meliputi pengukuran ketebalan, kuat tarik, dan elongasi dari *edible film* kitosan.

Pembuatan larutan garam

Pembuatan larutan garam merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Amalia *et al.* (2016), yang mengeksplorasi konsentrasi pembuatan larutan garam dengan modifikasi pada rentang konsentrasi yang digunakan. Dalam penelitian ini, digunakan konsentrasi larutan garam 1 M, yang setara dengan 58,5%. Sebanyak 58,5 gram garam industri dilarutkan ke dalam 1000 ml akuades (w/v). Larutan tersebut kemudian dipanaskan di atas *hot plate* pada suhu sekitar 100°C, sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 300 rpm selama 30 menit.

Pembuatan edible film kitosan

Pembuatan *edible film* berbasis kitosan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Rambabu *et al.* (2019), yang meneliti pembuatan *edible film* kitosan dengan modifikasi konsentrasi kitosan dan bahan aktif antibakteri yang digunakan. *Edible film* kitosan disiapkan dengan melarutkan 1% (w/v) kitosan dalam 40 ml asam asetat glacial 1% dan menambahkan variasi konsentrasi larutan garam 1 M, yang mencakup 0%, 2%, 4%, dan 6% (v/v). Proses pembuatan dilakukan pada suhu $\pm 60^\circ\text{C}$ selama 30 menit dengan pengadukan menggunakan magnetic stirrer pada kecepatan 300 rpm. Setelah 15 menit, gliserol ditambahkan sebagai plasticizer dalam jumlah 30% (v/w) dari

berat kering kitosan. Larutan kitosan kemudian disonikasi selama 5 menit pada suhu 80°C untuk menghilangkan gelembung udara. Larutan yang telah siap dituangkan ke dalam cawan petri berdiameter 9 cm dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu $\pm 50^\circ\text{C}$.

Setelah kering, film diambil dari cawan petri dan dilakukan karakterisasi untuk mengevaluasi kualitasnya. Berikut adalah formulasi *edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam yang digunakan dalam penelitian ini. tersaji pada Tabel1.

Tabel 1. Formulasi *edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam

Perlakuan	Kitosan (gr)	Gliserol (v/w) (ml)	Larutan Garam (ml)	Larutan Asam Asetat 1% (ml)	Total Volume (ml)
P0	0.4	0.12	0	39.48	40
P1	0.4	0.12	0.8	38.68	40
P2	0.4	0.12	1.6	37.88	40
P3	0.4	0.12	2.4	37.08	40

Karakterisasi *edible film* kitosan

a. Diameter daya hambat

Pengukuran diameter daya hambat dilakukan dengan menggunakan metode *Disc Diffusion* (Tes Kirby-Bauer) untuk menguji aktivitas antibakteri. Aktivitas antibakteri ditunjukkan dengan adanya zona bening di sekitar sampel, yang menggambarkan daya hambat dari zat antibakteri yang terkandung dalam sampel tersebut. Proses pembuatan suspensi bakteri *S. aureus* dan *E. coli* dimulai dengan peremajaan bakteri terlebih dahulu. Bakteri uji yang telah melalui tiga turunan diambil sebanyak 2–3 ose, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi larutan saline normal (NaCl 0,9%). Setelah itu, suspensi dihomogenisasi menggunakan vortex hingga kekeruhannya mencapai tingkat yang setara dengan standar McFarland 0,5, yang diukur menggunakan spektrofotometer.

Suspensi bakteri *S. aureus* dan *E. coli* selanjutnya diambil menggunakan cotton swab dan dioleskan secara merata pada permukaan media agar *Mueller-Hinton Agar* (MHA) yang telah dipadatkan. Kertas cakram kemudian direndam dalam larutan *edible film* kitosan yang ditambahkan dengan larutan garam (masing-masing perlakuan). Penggunaan kontrol positif berupa amoksisilin dan kontrol negatif berupa akuades juga diterapkan dalam penelitian ini. Setelah perendaman, kertas cakram yang telah terendam diletakkan di atas permukaan

media MHA yang telah mengandung suspensi bakteri uji. Inkubasi dilakukan selama 48 jam pada suhu 37°C, setelah itu dilakukan pengukuran daya hambat dengan menggunakan jangka sorong untuk mengukur garis horizontal pada zona bening yang terbentuk di sekitar sampel. Perhitungan diameter zona hambat dilakukan dengan rumus tertentu untuk memperoleh nilai rata-rata zona hambat, sebagaimana yang telah dijelaskan oleh Nur (2019).

b. Ketebalan

Ketebalan film diukur menggunakan alat Microcal Meshmer (ASTM, 2000). Pengukuran dilakukan pada lima titik yang berbeda, yaitu pada setiap sudut film, termasuk sudut kanan dan kiri bagian atas dan bawah, serta pada bagian tengah film. Data yang diperoleh dari kelima titik pengukuran kemudian dijumlahkan dan dihitung rata-ratanya untuk memperoleh nilai ketebalan rata-rata film.

c. Elongasi

Elongasi atau perpanjangan putus diukur menggunakan alat *Elongation Test Autograph* (ASTM, 2000). Pengujian elongasi dilakukan dengan menjepit film bioplastik dengan panjang sekitar ± 10 cm menggunakan chuck (penjepit), kemudian mengukur panjang awal film tersebut. Selanjutnya, tombol start pada perangkat Autograph diaktifkan untuk menarik film hingga putus. Elongasi dihitung

berdasarkan pertambahan panjang film hingga mencapai titik putus. Pengukuran perpanjangan putus dilakukan dengan prosedur yang sama seperti pengujian kuat tarik dan hasilnya dinyatakan dalam bentuk persentase.

$$\% E = \frac{\text{pertambahan panjang (mm)}}{\text{panjang awal (mm)}} \times 100\%$$

d. Kuat tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan dengan menggunakan alat Tensile Strength (ASTM, 2000). Pada pengujian ini, film bioplastik dengan panjang sekitar

± 10 cm dijepit menggunakan chuck (penjepit), dan panjang awal film diukur. Selanjutnya, tombol start pada perangkat Autograph diaktifkan untuk menarik film hingga mengalami pemutusan. Kuat tarik dihitung berdasarkan gaya maksimum yang terjadi saat film putus, sedangkan perpanjangan putus ditentukan dari pemanjangan film (dalam satuan cm) hingga terputus, yang diperoleh dengan membandingkan pertambahan panjang dengan panjang awal film. Luas penampang melintang dihitung dengan mengalikan panjang awal sampel dengan ketebalan sampel.

$$\text{Kuat tarik (kgf/cm}^2\text{)} = \frac{\text{gaya kuat tarik (kgf)}}{\text{luas penampang (cm}^2\text{)}}$$

Parameter Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat dua jenis parameter yang digunakan, yaitu parameter utama dan parameter pendukung. Parameter utama mencakup diameter daya hambat terhadap bakteri *S. aureus* dan *E. coli*, yang diukur berdasarkan variasi konsentrasi larutan garam yang diberikan. Sementara itu, parameter pendukung bertujuan untuk melengkapi parameter utama, yang terdiri dari ketebalan, elongasi, dan kuat tarik dari *edible film* kitosan.

Analisis Data

Data karakteristik yang meliputi diameter daya hambat, ketebalan, elongasi, dan kuat tarik yang diperoleh dari penelitian ini kemudian dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengidentifikasi apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara

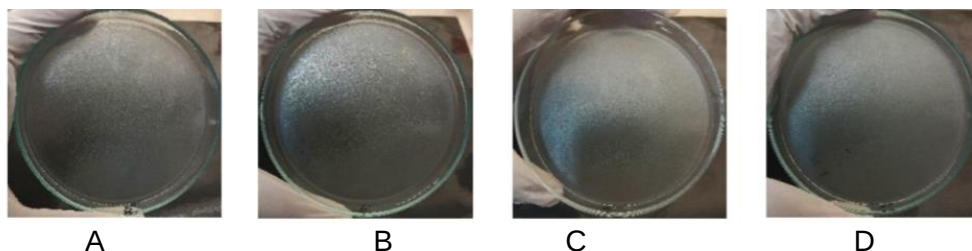
setiap perlakuan terhadap karakteristik *edible film* berbasis kitosan. Analisis tersebut dilakukan menggunakan SPSS versi 25. Hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada pengaruh masing-masing perlakuan, sehingga dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) untuk membandingkan perlakuan mana yang memberikan hasil terbaik (Kusriningrum, 2015). Uji DMRT dilakukan dengan tingkat kepercayaan sebesar 5%.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil

a. Edible film kitosan

Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa *edible film* berbahan dasar kitosan, yang diberi variasi konsentrasi larutan garam, menunjukkan karakteristik yang berbeda-beda. *Edible film* kitosan yang terbentuk pada setiap perlakuan dapat diamati pada Gambar 1.



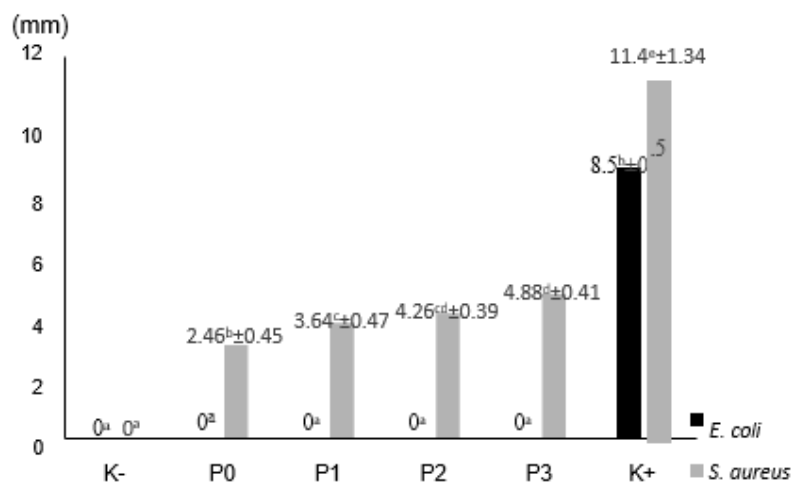
Gambar 1. *Edible film* Kitosan tanpa penambahan larutan garam (A), penambahan larutan garam 2% (B), penambahan larutan garam 4% (C), penambahan larutan garam 6% (D).

Penampakan fisik *edible film* kitosan yang dibuat tanpa penambahan larutan garam dan yang diberi tambahan larutan garam tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara kasat mata. *Edible film* kitosan yang dihasilkan memiliki diameter sekitar ± 9 cm, dengan warna bening yang cenderung jernih, serta tekstur yang halus, elastis, dan tidak mudah patah.

b. Diameter daya hambat

Nilai rerata diameter daya hambat *edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam terhadap bakteri *S. aureus* berkisar antara 2,46–4,88 mm, sementara

terhadap *E. coli* menunjukkan nilai 0 mm. Hasil analisis sidik ragam yang terdapat pada Lampiran 1 dan 2 menunjukkan bahwa penambahan larutan garam berpengaruh nyata terhadap diameter daya hambat ($p < 0,05$) untuk kedua jenis bakteri, yaitu *E. coli* dan *S. aureus*. Uji jarak berganda Duncan mengungkapkan bahwa diameter daya hambat *edible film* kitosan terhadap *S. aureus* menunjukkan perbedaan nyata pada setiap perlakuan, sementara tidak terdapat perbedaan nyata terhadap *E. coli*. Grafik rerata diameter daya hambat yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik rerata diameter daya hambat *edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam

Keterangan: Notasi *superscript* yang berbeda pada grafik menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$)

K- : Kontrol negatif (akuades)

P0 : Tanpa penambahan larutan garam

P1 : Penambahan larutan garam 2%

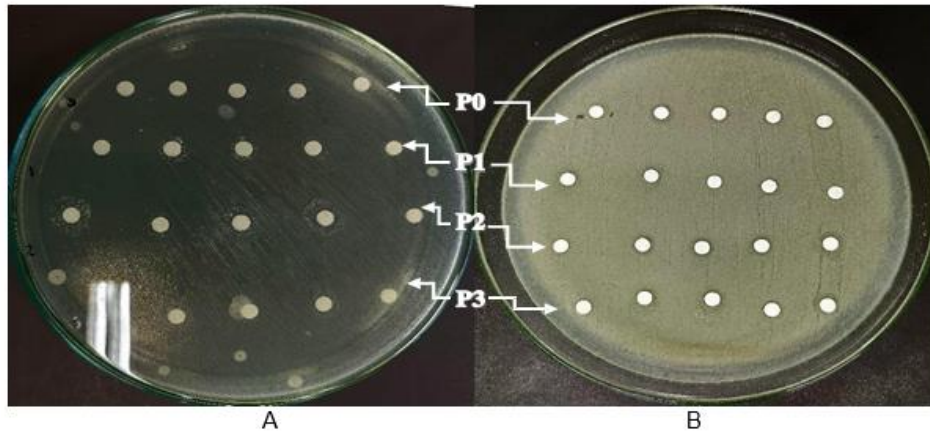
P2 : Penambahan larutan garam 4%

P3 : Penambahan larutan garam 6%

K+ : Kontrol positif (amoxicillin)

Hasil pengukuran diameter daya hambat menunjukkan bahwa setiap perlakuan mengalami peningkatan diameter daya hambat terhadap bakteri *S. aureus*, namun tidak menunjukkan adanya

diameter daya hambat terhadap bakteri *E. coli*. Pengukuran diameter daya hambat menghasilkan diameter terbesar pada perlakuan P3 (penambahan larutan garam 6%), yaitu 4,88 mm, sedangkan diameter terkecil ditemukan pada perlakuan P0 (tanpa penambahan larutan garam), yaitu 2,46 mm terhadap bakteri *S. aureus*. Berdasarkan Tabel 3, yang mengacu pada standar diameter daya hambat, diameter daya hambat yang dihasilkan termasuk dalam kategori lemah, yaitu kurang dari 5 mm. Hasil pengukuran diameter daya hambat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diameter daya hambat *edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam dengan lima kali pengulangan terhadap bakteri *E. coli* (A), dan *S. aureus* (B)

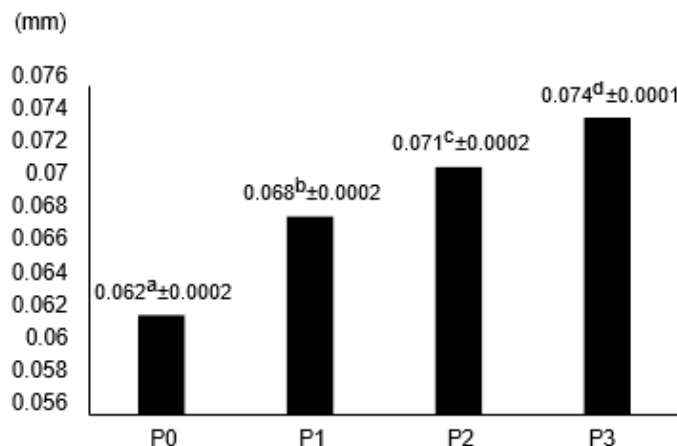
Keterangan:

P0 : *Edible film* kitosan tanpa penambahan larutan garam
P1 : *Edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam 2%
P2 : *Edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam 4%
P3 : *Edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam 6%

c. Ketebalan

Nilai rata-rata ketebalan *edible film* kitosan yang dihasilkan dengan penambahan larutan garam berkisar

antara 0,062 – 0,074 mm. Hasil analisis sidik ragam yang disajikan dalam Lampiran 3 menunjukkan bahwa persentase penambahan larutan garam memberikan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap ketebalan *edible film* kitosan. Uji jarak berganda Duncan mengungkapkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata dalam ketebalan *edible film* kitosan pada setiap perlakuan. Grafik yang menggambarkan nilai rata-rata ketebalan *edible film* kitosan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik rerata ketebalan *edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam

Keterangan: Notasi *superscript* yang berbeda pada grafik menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$)

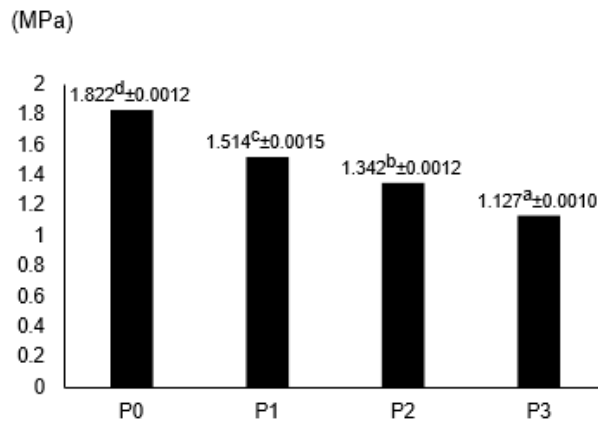
P0 : Tanpa penambahan larutan garam

P1 : Penambahan larutan garam 2%

P2 : Penambahan larutan garam 4%

P3 : Penambahan larutan garam 6%

Hasil pengukuran ketebalan *edible film* kitosan menunjukkan adanya peningkatan ketebalan pada setiap perlakuan yang dilakukan. Perlakuan P3, yang melibatkan penambahan larutan garam 6%, menghasilkan ketebalan tertinggi sebesar 0,074 mm. Sebaliknya, ketebalan *edible film* kitosan terendah ditemukan pada perlakuan P0, yang tidak menambahkan larutan garam, yaitu sebesar 0,062 mm. Berdasarkan Tabel 1 dan mengacu pada standar industri pengemasan makanan yang tercantum dalam JIS Z-1707 (JIS, 2008), ketebalan *edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam yang dihasilkan telah memenuhi standar yang ditetapkan.



Gambar 5. Grafik rerata kuat tarik *edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam

Keterangan: Notasi *superscript* yang berbeda pada grafik menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$)

P0 : Tanpa penambahan larutan garam

P1 : Penambahan larutan garam 2%

P2 : Penambahan larutan garam 4%

P3 : Penambahan larutan garam 6%

Hasil pengukuran kuat tarik *edible film* kitosan menunjukkan penurunan pada setiap perlakuan yang diuji. Perlakuan P0 (tanpa penambahan garam) menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi, yaitu 1,822 MPa. Sementara itu, perlakuan P3 (penambahan larutan garam 6%) menghasilkan nilai kuat tarik terendah, yaitu 1,127 MPa. Berdasarkan data yang disajikan dalam Tabel 1 dan mengacu pada standar industri pengemas makanan (JIS Z-1707), kuat tarik *edible film* kitosan

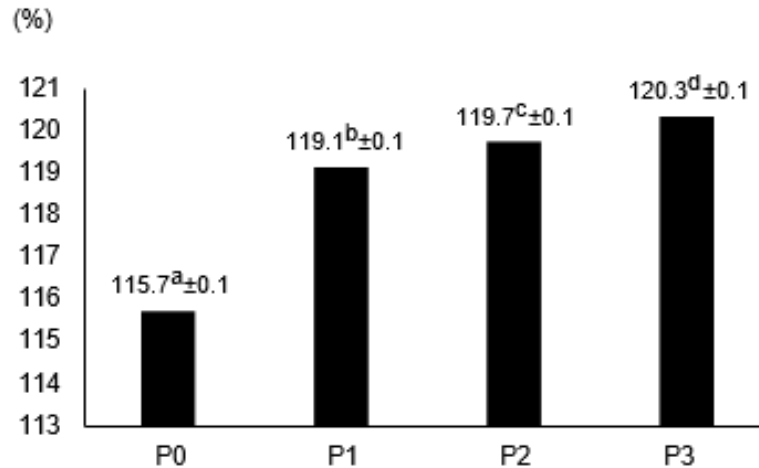
d. Kuat tarik

Nilai rerata dari hasil pengukuran kuat tarik *edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam berkisar antara 1,127 – 1,822 MPa. Hasil analisis sidik ragam terdapat pada Lampiran 4. menunjukkan bahwa persentase penambahan larutan garam berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai kuat tarik *edible film* kitosan. Hasil uji jarak berganda Duncan menunjukkan nilai kuat tarik *edible film* kitosan berbeda nyata pada tiap perlakuan. Grafik rerata pengukuran kuat tarik *edible film* kitosan dapat dilihat pada Gambar 5.

yang dihasilkan dalam penelitian ini memenuhi standar yang ditetapkan.

e. Elongasi

Nilai rerata hasil pengukuran elongasi *edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam berkisar antara 115,7% hingga 120,3%. Berdasarkan analisis sidik ragam yang dapat dilihat pada Lampiran 5, hasil menunjukkan bahwa persentase penambahan larutan garam berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap nilai elongasi *edible film* kitosan. Uji jarak berganda Duncan mengindikasikan bahwa nilai elongasi *edible film* kitosan berbeda signifikan pada setiap perlakuan. Grafik rerata pengukuran elongasi *edible film* kitosan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik rerata elongasi *edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam

Keterangan: Notasi *superscript* yang berbeda pada grafik menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$)

P0 : Tanpa penambahan larutan garam

P1 : Penambahan larutan garam 2%

P2 : Penambahan larutan garam 4%

P3 : Penambahan larutan garam 6%

Data hasil pengukuran elongasi *edible film* kitosan mengalami peningkatan pada setiap perlakuan. Nilai elongasi tertinggi diperoleh perlakuan P3 (penambahan larutan garam 6%) yaitu 120,3%, sedangkan nilai elongasi *edible film* kitosan terendah terdapat pada perlakuan P0 (tanpa penambahan larutan garam) yaitu 115,7%. Berdasarkan Tabel 1. terkait standar industri pengemas makanan (JIS Z- 1707), elongasi *edible film* kitosan yang dihasilkan termasuk memenuhi standar yang ditetapkan.

Pembahasan

Pengukuran diameter daya hambat dari *edible film* kitosan ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar kertas cakram yang terinokulasi dengan bakteri pada media agar. Semakin besar diameter zona hambat yang terbentuk, semakin efektif *edible film* kitosan dengan penambahan larutan garam dalam menghambat pertumbuhan bakteri uji. Berdasarkan hasil pengamatan, diameter daya hambat terhadap *S. aureus* mengalami peningkatan berkisar antara 2,46 mm hingga 4,88 mm. Namun, tidak ditemukan adanya diameter daya hambat terhadap *E. coli*. Hal ini berbeda dengan

penelitian Stein (2000), yang menyatakan bahwa *E. coli* memiliki resistensi lebih rendah terhadap konsentrasi NaCl dibandingkan *S. aureus*. *S. aureus* dapat bertahan pada lingkungan osmotik dengan mengakumulasi osmoprotektan seperti prolin dan glisinbetaine dalam sel, yang memungkinkan bakteri ini mempertahankan struktur membran luar.

Sel pada bakteri Gram positif memiliki dinding sel yang berfungsi menjaga agar sel tidak pecah saat terjadi perbedaan tekanan osmotik antara sitoplasma dan lingkungan eksternal (Nugraha and Rini, 2024). Lingga. (2015) menjelaskan bahwa bakteri Gram positif memiliki dinding sel yang mengandung 90% peptidoglikan dan sejumlah besar asam teikoat serta asam lipoteikoat, sedangkan bakteri Gram negatif hanya mengandung sedikit peptidoglikan tanpa dua jenis asam ini. Asam teikoat yang bermuatan negatif mengandung gugus fosfat yang berfungsi mengatur pergerakan molekul kationik masuk dan keluar dari sel (Ray and Bhunia, 2014).

Berdasarkan hasil penelitian, tidak terbentuk daya hambat terhadap bakteri *E. coli*, yang merupakan bakteri Gram negatif dengan struktur dinding sel yang lebih sederhana. Beberapa faktor yang dapat memengaruhi hal ini antara lain kualitas komponen penyusun *edible film*, pH larutan *edible film*, higienitas selama pembuatan, kepadatan bakteri, kualitas bakteri yang digunakan, ketebalan media agar, dan kondisi inkubasi. Menurut Apriliana *et al.* (2018), beberapa faktor

yang memengaruhi diameter zona hambat meliputi konsentrasi mikroba pada permukaan media agar, pH media agar, ketebalan kapas pada lidi kapas steril, serta kondisi aerob/anaerob.

Penambahan larutan garam pada *edible film* kitosan dapat menghambat pertumbuhan *S. aureus* karena garam meningkatkan tekanan osmotik substrat (hipertonis). Dalam kondisi ini, konsentrasi cairan di luar sel lebih tinggi dibandingkan di dalam sel bakteri, yang menyebabkan air dalam sel tertarik keluar dan sel mengalami plasmolisis. Ion klorida pada garam juga bertindak sebagai oksidator yang merusak dinding sel bakteri, menyebabkan kebocoran membran sel. Indarti (2009) menyatakan bahwa ion klorida yang dihasilkan oleh garam bersifat toksik terhadap mikroorganisme, sehingga menghambat sistem respirasi bakteri. Selain itu, penggunaan NaCl juga dapat menyebabkan denaturasi protein pada bakteri, yang merusak sel bakteri (Luo et al., 2011).

Kitosan sebagai bahan dasar *edible film* memiliki sifat antibakteri karena sifat membrannya yang berpori, mampu menyerap air dari makanan, dan menghambat pertumbuhan bakteri. Penelitian oleh Riski et al. (2015) mengungkapkan bahwa kitosan mengandung polikation bermuatan positif yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Gugus fungsional amina (NH₂) pada kitosan dapat berinteraksi dengan senyawa bermuatan negatif seperti asam amino yang membentuk protein dalam mikroba (Sarwono, 2010). Interaksi ini menghambat sintesis protein dengan menghalangi terikatnya RNA pada ribosom selama pemanjangan rantai peptida (Pelczar and Chan, 1988).

Daya hambat terhadap *S. aureus* tertinggi (4,88 mm) dihasilkan oleh perlakuan *edible film* kitosan dengan penambahan 6% larutan garam (2,4 ml), sedangkan yang terendah (2,46 mm) dihasilkan oleh perlakuan tanpa larutan garam. Meskipun demikian, diameter daya hambat yang terbentuk tergolong lemah, karena kurang dari 5 mm. Hal ini disebabkan oleh sedikitnya jumlah zat antibakteri dalam *edible film* yang tidak

cukup untuk difusi ke luar area kertas cakram. Dakal et al. (2016) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi zat antimikroba yang ditambahkan, semakin besar pula zat yang dirilis, sehingga mempermudah penetrasi zat antimikroba ke dalam sel bakteri.

Akuades digunakan sebagai kontrol negatif dalam penelitian ini untuk menunjukkan bahwa akuades tidak berperan dalam pembentukan zona hambat, yang sesuai dengan pernyataan Gerung et al. (2021). Kontrol positif berupa amoksisilin menghasilkan zona hambat terbesar pada *S. aureus* dan *E. coli*, lebih besar dibandingkan dengan perlakuan *edible film* dengan larutan garam, mengingat amoksisilin merupakan antibiotik spektrum luas yang efektif terhadap bakteri Gram positif dan negatif (Pelczar and Chan, 1988).

Ketebalan *edible film* kitosan meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi larutan garam. *Edible film* kitosan dengan penambahan 6% larutan garam (2,4 ml) memiliki ketebalan tertinggi, yaitu 0,074 mm, dibandingkan dengan *edible film* kitosan tanpa larutan garam yang hanya 0,062 mm. Menurut standar industri pengemas (JIS Z-1707), ketebalan maksimal *edible film* untuk kemasan makanan adalah 0,25 mm, sehingga penambahan larutan garam pada *edible film* menghasilkan ketebalan yang dapat diterima.

Faktor yang mempengaruhi ketebalan termasuk jumlah total padatan dalam larutan. Larutan garam yang tidak larut sepenuhnya dapat mengkristal kembali (recrystallization) selama pengeringan, mengendapkan ion NaCl pada permukaan film, dan meningkatkan jumlah padatan pada *edible film*. Hal ini sejalan dengan pendapat Menurut Henkel Technologies (2012), studi ini meneliti pengaruh profil reflow dan ketebalan senyawa pengkondisi termal terhadap ketebalan lapisan intermetalik (IMC) pada sambungan solder SAC305. Ditemukan bahwa ketebalan IMC meningkat seiring dengan meningkatnya suhu puncak reflow dan waktu di atas titik leleh. Menurut Saputra et al. (2015) juga menyatakan bahwa ketebalan *edible film* kitosan

dipengaruhi oleh berat molekul dan monomer yang tinggi.

Penurunan kuat tarik juga teramati seiring bertambahnya konsentrasi larutan garam. *Edible film* kitosan tanpa garam memiliki kuat tarik tertinggi (1,822 MPa), sedangkan dengan 6% larutan garam turun menjadi 1,127 MPa. Berdasarkan standar industri pengemas (JIS Z-1707), nilai kuat tarik minimum untuk kemasan makanan adalah 0,3 MPa, sehingga penambahan larutan garam masih menghasilkan nilai kuat tarik yang dapat diterima. Penurunan kuat tarik disebabkan oleh NaCl yang memutus ikatan hidrogen dan mengganggu interaksi hidrofobik dalam gel kitosan, seperti yang dijelaskan oleh Choi and Regenstein (2000).

Elongasi, yang mengindikasikan elastisitas film, berbanding terbalik dengan kuat tarik. Peningkatan konsentrasi larutan garam menyebabkan peningkatan elongasi pada *edible film* kitosan. *Edible film* kitosan dengan 6% larutan garam memiliki elongasi tertinggi (120,3%), dibandingkan dengan tanpa larutan garam yang hanya 115,7%. Berdasarkan standar industri pengemas (JIS Z-1707), elongasi minimum untuk kemasan makanan adalah 70%, sehingga penambahan larutan garam dalam *edible film* menghasilkan nilai elongasi yang dapat diterima.

Nilai kuat tarik dan elongasi dipengaruhi oleh konsentrasi larutan garam yang ditambahkan, yang dapat menyebabkan kristalisasi garam selama pengeringan. Penurunan kuat tarik seiring dengan peningkatan konsentrasi larutan garam dapat diimbangi dengan penambahan kitosan, yang meningkatkan kekuatan ikatan dalam film dan meningkatkan fleksibilitas (Pamila *et al.*, 2015). Kuat tarik dan elongasi juga dapat dipengaruhi oleh faktor lain seperti derajat deasetilasi kitosan, jenis plasticizer yang digunakan, suhu pengeringan, dan penyimpanan (Pereda *et al.*, 2012).

4. Kesimpulan

Penambahan larutan garam dengan konsentrasi yang berbeda terbukti dapat menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* serta memengaruhi sifat fisik

dari *edible film* kitosan, seperti ketebalan, kuat tarik, dan elongasi. Larutan garam konsentrasi 6% merupakan perlakuan terbaik. *Edible film* yang dihasilkan dengan penambahan larutan garam memiliki karakteristik fisik yang memenuhi standar JIS Z-1707, dengan ketebalan rata-rata antara 0,062 – 0,074 mm, kuat tarik antara 1,127 – 1,822 MPa, dan elongasi yang berkisar antara 115,7 – 120,3%. *Edible film* kitosan tersebut mampu menghambat pertumbuhan *S. aureus* dengan diameter zona hambat 4,88 mm.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi berharga dalam penelitian ini.

Kontribusi Penulis

Semua penulis telah berkontribusi pada naskah akhir. Kontribusi seluruh penulis: Noer Rahmah Zhanifathul Abhidah dan Laksmi Sulmartiwi: konseptualisasi, metodologi, analisis format, penyusunan *draft* asli, penulisan *review* dan *editing*. Mochammad Amin Alamsjah: menulis *review* dan mengedit. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan.

Konflik Kepentingan

Penulis tidak memiliki konflik kepentingan terkait penelitian ini.

Pendanaan

Penelitian ini menggunakan dana mandiri.

Daftar Pustaka

- Amalia, A., Dwiyantri, R. D. & Haitami, H. (2016). Daya hambat NaCl terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. *Medical Laboratory Technology Journal*, 2(2):42-45.
- Apriliana, E., Ramadhian, M. R. & Efrida, W. (2018). Perbandingan daya hambat ekstrak daun jarak pagar

- (*Jatropha curcas* Linn) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* secara in vitro. *Agromedicine Unila*, 5(2):556-561.
- ASTM. (2000). Standard test methods for tensile properties of plastics, D-638-02. Philadelphia: American Society for Testing and Material.
- Bedel, N. S., Tezcan, M., Ceylan, O., Gurdag, G. & Cicek, H. (2015). Effects of pore morphology and size on antimicrobial activity of chitosan/poly (ethylene glycol) diacrylate macromer semi-IPN hydrogels. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(43):1-14.
- Borghei, M., Karbassi, A., Oromiehie, A. & Javid, A. H. (2010). Microbial biodegradable potato starch based low density polyethylene. *African Journal of Biotechnology*, 9(26):4075-4080.
- Chandra, D., Molla, M. T. H., Bashar, M. A., Islam, M. S., & Ahsan, M. S. (2023). Chitosan-based nano-sorbents: synthesis, surface modification, characterisation and application in Cd (II), Co (II), Cu (II) and Pb (II) ions removal from wastewater. *Scientific Reports*, 13(6050).
- Choi, S. S. & Regenstein, J. M. (2000). Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin. *Journal of Food Science*, 65(1):194-199.
- Conte, A., Angiolillo, L., Mastromatteo, M. & Del Nobile, A. (2013). Technological options of packaging to control food quality. *Food Industry*, 16(1):354-379.
- Dakal, T. C., Kumar, A., Majumdar, R. S. & Yadav, V. (2016). Mechanistic basis of antimicrobial actions of silver nanoparticles. *Frontiers in Microbiology*, 7(1):8-31.
- Das, D. K., Dutta, H. & Mahanta, C. L. (2013). Development of a rice starch-based coating with antioxidant and microbe-barrier properties and study of its effect on tomatoes stored at room temperature. *LWT – Food Science and Technology*, 50(1):272–278.
- Gerung, W. H. P., Fatimawali, & Antasionasti, I. (2021). Uji aktivitas antibakteri ekstrak daun belimbing botol (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap pertumbuhan bakteri *Propionibacterium acne* penyebab jerawat. *Jurnal Pharmacon*, 10(4):1087-1093.
- Goy, R. C., Morais, S. T. B., & Assis, O. B. G. (2016). Evaluation of the antimicrobial activity of chitosan and its quaternized derivative on *E. coli* and *S. aureus* growth. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(1):122-127.
- Indarti, N. (2009). Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* pada media yang ditambah garam dapur. *Jurnal Saintek*, 12(2):1-9.
- Jacobeb, A. M., Nugraha, R. & Utari, S. P. S. D. (2014). Pembuatan edible film dari pati buah lindur dengan penambahan gliserol dan karaginan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 17(1):14-21.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R. & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223):768-771.
- JIS (Japanese Industrial Standard). (2008). JIS Z-1707:1997. General rules of plastic films for food packaging. Japanese Standards Association.

- Kang, H. J., Kim, S. J., You, Y. S., Lacroix, M. & Han, J. (2013). Inhibitory effect of soy protein coating formulations on walnut (*Juglans regia* L.) kernels against lipid oxidation. *LWT-Food Science and Technology*, 51(1):393-396.
- Kerch, G. (2015). Chitosan-based packaging materials for food preservation. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4):1957-1964.
- Kumar, G. D., Ravishankar, S. & Juneja, V. K. (2017). Interventions for fresh produce. In V. K. Juneja, H. P. Dwivedi, J. N. Sovos, Microbial control and food preservation: Theory and practice. (pp. 199-223). Springer.
- Kusriningrum, R. S. (2008). Perancangan percobaan. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Lazo, L., Melo, G. M., Auad, M. L., Filippa, M. & Masuelli, M. A. (2022). Synthesis and characterization of chinar gum films. *Colloids and Interfaces*, 6(1):10-24.
- Lingga, A. R., Pato, U. & Rossi, E. (2015). Uji antibakteri ekstrak batang kecombrang (*Nicolaia speciose*) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*, 2(2):1-15.
- Luo, Y., Lu, S., Zhou, B. & Feng, H. (2011). Dual effectiveness of sodium chloride for enzymatic browning inhibition and microbial inactivation on fresh-cut apples. *LWT - Food Science and Technology*, 44(1):1621-1625.
- Milani, J. M. & Nemati, A. (2022). Lipid-based edible films and coatings: A review of recent advances and applications. *Journal of Packaging Technology and Research*, 6(1):11-22.
- Nur, A. D. (2019). Uji daya hambat ekstrak daun jambu mente (*Anacardium occidentale* L.) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Thesis. Jombang: Institut Teknologi Sains dan Kesehatan.
- Nugraha, B. A. & Rini, C. S. (2024). Efektivitas garam dapur dan garam hitam Himalaya terhadap bakteri *Streptococcus mutans* dan *Klebsiella pneumoniae* sebagai antibakteri secara in-vitro. Skripsi. Sidoarjo: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- Pamila, C., Laila, L., & Alfira, M. R. (2015). Pembuatan film plastik biodegradabel dari pati jagung dengan penambahan kitosan dan pemplastis gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*, 4(20).
- Pelczar, M. & Chan, E. C. S. (1988). Dasar-dasar mikrobiologi. Jakarta: Penerbit UI-Press.
- Pereda, M., Amica, G. & Marcovich, N. E. (2012). Development and characterization of edible chitosan/olive oil emulsion films. *Carbohydrate Polymers*, 87(1):1318-1325.
- Ramadhani, P. D., Supriyadi, S., Hendrasty, H. K., Laksana, E. M. B., & Santoso, U. (2023). Karakteristik edible film aktif berbasis kitosan dengan penambahan ekstrak daun jati. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 34(1):1-12.
- Rambabu, K., Bharath, G., Banat, F., Show, P. L. & Cocoltzi, H. H. (2019). Mango leaf extract incorporated chitosan antioxidant film for active food packaging. *International Journal of*

- Biological Macromolecules*, 126(1):1234-1243.
- Ray, B. & Bhunia, A. (2014). Fundamental food microbiology. Fifth Ed. U.S: CRC Press.Taylor & Francis Group.
- Riski, R. & Sami, F. J. (2015). Formulasi krim anti jerawat dari nanopartikel kitosan cangkang udang windu (*Penaeus monodon*). *Jurnal Farmasi UIN Alauddin Makassar*, 3(4):153-162.
- Sánchez-Ortega, I., García-Almendárez, B. E., Santos-López, E. M., Amaro-Reyes, A., Barboza-Corona, J. E. & Regalado, C. (2014). Antimicrobial edible films and coatings for meat and meat products preservation. *The Scientific World Journal*, 9(1):15-29.
- Saputra, E., Kismiyati, Pramono, H., Abdillah, A. A., & Alamsjah, M. A. (2015). An edible film characteristic of chitosan made from shrimp waste as a plasticizer. *Journal of Natural Sciences Research*, 5(4):1-9.
- Sarwono, R. (2010). Pemanfaatan kitin kitosan sebagai bahan anti mikroba. *Indonesian Journal of Applied Chemistry*, 12(1):1-14.
- Shi, B., Hao, Z., Du, Y., Jia, M. & Xie, S. (2024). Mechanical and barrier properties of chitosan-based composite film as food packaging: A review. *BioResources*, 19(2):4001-4014.
- Sitanggang, A. B. (2020). Peran penting hidrokoloid dalam produk konfeksioneri. *Foodreview Indonesia*, XV(5):50-54.
- Stein, R. (2000). Know the enemy: Understanding the basics of foodborne pathogens. *Meat and Poultry*, 10(1):46-51.
- Winarti, C. (2012). Teknologi produksi dan aplikasi pengemas edible antimikroba berbasis pati. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 3(31):56-64.
- Wu, K., Yan, Z., Wu, Z., Li, J., Zhong, W., Ding, L., Zhong, T. & Jiang, T. (2023). Recent advances in the preparation, antibacterial mechanisms, and applications of chitosan. *Journal of Functional Biomaterials*, 15(318):1-21.
- Yang, S., Wang, M, Gao, J., Liu, J., Ritian, J., Lin, R., Weng, W., & Aweya, J. J (2023). Sodium chloride augments the antibacterial activity of a novel penaeid shrimp-derived peptide (GPCR10) against halotolerant *Staphylococcus aureus*. *LWT – Food Science and Technologie*, 184(115096):1-10.