



Sintesis dan Karakterisasi Film Pengemas Aktif dari Kombinasi Kitosan-Alginat dan Asam Sitrat

(Synthesis and Characterization of Active Packaging Film from a Combination of Chitosan Alginate and Citric Acid)

Sulistiyana Sulistiyana*, Baiq Amelia Riyandari, Nini Nurkamariati

Program Studi Tadris Kimia FTK Universitas Islam Negeri Mataram
Jalan Gajah Mada No.100, Jempong Baru, Sekarbela, Kota Mataram, 83116, Indonesia

*Corresponding author: sulistchemist@uinmataram.ac.id

DOI: 10.20961/alchemy.20.1.79153.120-129

Received 27 September 2023, Revised 30 October 2023, Accepted 24 November 2023, Published 30 Maret 2024

Kata kunci:

asam sitrat;
film pengemas aktif;
KPE kitosan alginat;
transparansi.

ABSTRAK. Salah satu permasalahan yang terjadi di bidang pangan adalah penurunan kualitas pangan karena proses oksidasi lipid. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi konsentrasi asam sitrat terhadap karakteristik film Kompleks Polielektrolit (KPE) Kitosan Alginat. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Film KPE pada penelitian ini diperoleh dari penambahan asam sitrat dengan variasi konsentrasi 0 ppm(A₀), 5 ppm(A₁), 10 ppm(A₂) dan 20 ppm(A₃) ke dalam larutan kitosan-alginat. Parameter uji karakteristik film meliputi uji ketebalan, kadar air, kelarutan, densitas, transparansi film, FTIR dan aktivitas antioksidan. Hasil uji statistik menunjukkan penambahan asam sitrat dengan variasi konsentrasi berpengaruh signifikan terhadap karakteristik film kitosan alginat. Penambahan asam sitrat mampu meningkatkan ketebalan, densitas, dan transparansi film, namun menurunkan kadar air dan kelarutan film. Film kitosan alginat dengan penambahan asam sitrat memiliki nilai ketebalan dengan kisaran 0,0123-0,0187 mm dan telah memenuhi standar ketebalan *edible film* menurut *Japanese Industrial Standard (JIS)*. Kadar air film berada pada rentang 11,74-15,85% dan telah memenuhi standar kadar air film sesuai SNI 06-3735-1995. Nilai kelarutan film berada pada rentang 8,33-12,215%, nilai transparansi film berada pada rentang 0,5127-4,9910, sedangkan nilai densitas film berada pada rentang 0,2105-2,0350 g.mL⁻¹. Nilai aktivitas antioksidan tertinggi dimiliki oleh film dengan konsentrasi asam sitrat tertinggi (film A₃).

Keywords:

citric acid;
active packaging film;
PEC Chitosan-alginate;
transparency.

ABSTRACT. One problem in the food sector is a decrease in food quality caused by the lipid oxidation process. This research aims to determine the effect of adding citric acid at different concentration levels to chitosan-alginate polyelectrolyte complex (PEC) films. This research used an experimental method with a quantitative approach. The concentrations of citric acid used in this research were 0 ppm(A₀ film), 5 ppm(A₁ film), 10 ppm(A₂ film), and 20 ppm(A₃ film). The physical properties tests of the films included thickness, water content, solubility, density, and transparency. The chemical properties test of the films included FTIR and antioxidant activity. Statistical test results showed that adding citric acid with varying concentrations significantly affected the characteristics of chitosan alginate films. Adding citric acid could increase film thickness, density, and transparency while decreasing film water content and solubility. The characteristics of chitosan alginate film with the addition of citric acid resulted in a film thickness of 0.0123 - 0.0187 mm. The range of the film density was 0.2105 - 2.0350 g.mL⁻¹, while the range of water content was 11.74-15.85%. These values correspond to SNI 06-3735-1995. The value of film solubility was 8.33-12.215%. The transparency of films was 0.5127-4.9910. Antioxidant activity was tested using a DPPH solution, which showed that the highest concentration of citric acid in films had the greatest antioxidant activity.

PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan teknologi pada abad ini, permasalahan pangan yang terjadi di masyarakat juga semakin kompleks dari hari ke hari. Salah satu permasalahan yang terjadi di bidang pangan ialah penurunan kualitas pangan yang disebabkan oleh proses oksidasi lipid. Oksidasi lipid merupakan proses dimana suatu produk pangan bereaksi dengan radikal bebas sehingga akan menyebabkan perubahan sifat sensori dari produk makanan.

Cite this as: Sulistiyana, S., Riyandari, B. A., & Nurkamariati, N., 2024. Sintesis dan Karakterisasi Film Pengemas Aktif dari Kombinasi Kitosan-Alginat dan Asam Sitrat. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 20(1), 120-129. <https://dx.doi.org/10.20961/alchemy.20.1.79153.120-129>.

Reaksi suatu produk makanan dengan radikal bebas ini akan menyebabkan terjadinya perubahan warna, aroma, dan rasa pada makanan. Salah satu metode yang telah digunakan sejak lama ialah dengan menambahkan suatu agen antioksidan ke dalam produk pangan. Meskipun metode ini telah lama dikembangkan, namun metode ini akan menyebabkan oksidasi terjadi pada permukaan makanan sehingga dianggap kurang efektif dan efisien karena membutuhkan jumlah zat aktif dalam jumlah yang cukup besar (Vilela *et al.*, 2018). Oleh karena itu, dimulailah pengembangan pengemas aktif yang membutuhkan jumlah zat aktif dalam jumlah yang lebih sedikit.

Salah satu tantangan besar yang berkaitan dengan kualitas pangan adalah bagaimana mendesain suatu pengemas makanan yang mampu menjaga kualitas produk pangan. Teknologi pengemas aktif menjadi metode alternatif yang mulai banyak dilirik dan dikembangkan. Metode ini dianggap sebagai metode yang menjanjikan karena mampu mempertahankan kondisi dan memperpanjang masa simpan dari suatu produk pangan. Pengemasan aktif didasarkan pada pengembanan suatu senyawa yang bersifat sebagai antioksidan ke dalam matriks film pengemas makanan. Senyawa antioksidan ataupun antibakteri ini difungsikan untuk mencegah terjadinya reaksi oksidasi antara produk makanan dengan radikal bebas sehingga kestabilan produk tetap terjaga (Carnaval *et al.*, 2022). Pengembanan suatu antioksidan ke dalam suatu matriks film pengemas jauh lebih efektif dan lebih baik dibandingkan dengan menambahkan senyawa antioksidan secara langsung ke dalam suatu produk pangan. Penambahan suatu senyawa aktif yang bersifat antioksidan ke dalam matriks film pengemas akan membutuhkan jumlah senyawa antioksidan yang relatif lebih sedikit sehingga mengurangi risiko dan tingkat bahaya suatu senyawa terhadap produk pangan. Selain itu, pelepasan senyawa aktif tersebut juga dapat dikontrol dan proses pelepasannya dapat difokuskan pada bagian permukaan makanan (Vilela *et al.*, 2018).

Kitosan merupakan polisakarida alam yang berbentuk linear yang terdiri atas ikatan 1,4 D-glukosamin dan N-asetil-D-glukosamin. Polimer ini dikenal sebagai bahan ramah lingkungan, tidak beracun, *biodegradable*, dan dengan karakteristik antioksidan. Kitosan memiliki keunggulan biokompatibel dibandingkan bahan kemasan berbasis alam lainnya. Penggunaan kitosan sebagai bahan dasar utama pengemas makanan telah banyak dilakukan (Fajriati *et al.*, 2017). Pembentukan film kompleks polielektrolit (KPE) merupakan salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kekuatan mekanik suatu film pengemas. Pembentukan KPE ini dilakukan dengan menggabungkan polimer kationik dan anionik melalui interaksi ionik. Salah satu polimer yang bersifat anionik yang dapat bereaksi dengan kitosan untuk membentuk KPE adalah alginat. Alginat merupakan polisakarida alami yang biasanya diperoleh alga coklat. Alginat dikenal sebagai polimer yang sangat mudah didapatkan, harganya murah, dan aman untuk digunakan. Alginat memiliki sifat biokompatibel, inert, non-toksik, hidrofolik, dan mudah terdegradasi. Hasil penelitian Kulig *et al.*, (2017), Potaś *et al.*, (2020), dan Wibowo *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa film gabungan kitosan-alginat bersifat *biodegradable*, nontoksik, dan menghasilkan kekuatan mekanik yang lebih baik dibandingkan film pengemas dengan bahan utama satu jenis polimer saja. Oleh karena itu, film paduan kitosan-alginat berpotensi untuk digunakan sebagai sumber bahan utama pengemas aktif makanan dan memiliki prospek untuk diaplikasikan di industri pengolahan makanan.

Asam sitrat merupakan salah satu senyawa alami yang dapat diperoleh dari berbagai buah-buahan seperti jeruk, lemon, atau jeruk nipis. Senyawa ini dikenal sebagai salah satu agen antioksidan kuat. Senyawa ini biasanya digunakan sebagai penyedap dan pengawet pada makanan, sebagai senyawa aktif pada kosmetik dan dapat pula ditambahkan pada produk pembersih. Senyawa ini juga banyak digunakan di banyak industri lain seperti makanan, pertanian dan farmasi. Di bidang pengemas makanan, asam sitrat terbukti memiliki fungsi sebagai agen pemlastis dan taut silang yang sangat baik untuk meningkatkan film dalam hal sensitivitas air, stabilitas termal dan nilai kuat tarik (Menzel, 2020). Beberapa penelitian yang menggunakan asam sitrat dalam pengembangan pengemas makanan antara lain dilakukan oleh Menzel *et al.*, (2013) yang mengembangkan film dari bahan dasar yang mengkombinasikan tepung pati dan selulosa dengan penambahan asam sitrat. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa film memiliki kelembaban yang rendah, nilai kuat tarik dan elongasi yang cukup baik. Film yang dihasilkan juga memiliki nilai EC_{50} sebesar 88,5 ppm sehingga tergolong dalam film dengan aktivitas antioksidan yang kuat. Penelitian lainnya dilakukan oleh Contini *et al.*, (2014) yang mengembangkan film pengemas dari bahan polietilena tereftalat (PET) dengan penambahan ekstrak sitrat sebagai agen antioksidan. Penambahan ekstrak sitrat terbukti efektif dalam mengurangi oksidasi lipid pada daging yang telah dimasak selama proses penyimpanan. Selain itu, penambahan ekstrak sitrat mampu menjaga karakteristik sensori dari daging. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ekstrak sitrat berperan penting sebagai agen antioksidan dalam film pengemas yang dikembangkan.

Dalam penelitian ini, film paduan kitosan-alginat akan dimanfaatkan sebagai bahan utama atau matriks film. Selanjutnya ditambahkan senyawa asam sitrat yang akan berperan sebagai agen taut silang. Penambahan asam

sitrat pada pembuatan film paduan kitosan alginat diharapkan berpengaruh terhadap karakteristik *active packaging film* seperti ketebalan, kadar air, kelarutan, massa jenis dan transparansi film.

METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan meliputi gelas kimia 400 mL (Pyrex), pipet ukur 10 mL (Pyrex), pipet ukur 1 mL (Pyrex), spatula kaca, spatula besi, cawan petri, *hot plate magnetic stirrer* (Thermoscientific), neraca analitik (Kern), pH meter probe (Thermofisher), mikrometer sekrup, oven (Memmert), desikator, dan instrumen spektrofotometer UV-Vis (Thermoscientific), spektrofotometer FTIR (Perkin Elmer L1600401 Spectrum TWO FT-IR/DTGS/APV). Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk kitosan dengan derajat deasetilasi = 94% (Phy-edumedia), alginat food grade (Buana Chem), asam sitrat (acs Merck), asam asetat glasial (acs Merck), serbuk DPPH (Sigma Aldrich), dan aquades.

Sintesis Film

Larutan alginat dipreparasi dengan melarutkan 5 mg serbuk alginat dengan akuades dan diaduk menggunakan *hot plate stirrer* sampai homogen selama ± 30 menit. Larutan kitosan juga disiapkan dengan melarutkan 20 mg kitosan dengan pelarut asam asetat 2% dan diaduk dengan *hot plate stirrer* selama ± 30 menit. Larutan alginat dan larutan kitosan dicampur dan dihomogenkan kembali selama ± 1 jam (larutan KPE kitosan-alginat). Selanjutnya, serbuk asam sitrat dicampurkan ke dalam larutan KPE kitosan/alginat dengan variasi konsentrasi 0 ppm untuk film A₀, 1 mg/200 mL larutan film (5 ppm) untuk film A₁, 2 mg/200 mL larutan film (10 ppm) untuk film A₂, dan 4 mg/200 mL larutan film (20 ppm) untuk film A₃. Larutan film kemudian diaduk hingga homogen selama ± 24 jam menggunakan *hot plate stirrer*. Larutan film A₀, A₁, A₂, dan A₃ dicetak dengan cara menuangkan 15 mL larutan film ke dalam cawan petri dengan ukuran 15 mm \times 90 mm. Lalu, larutan film dikering-udarkan pada temperatur ruang selama ± 7 hari dan disimpan di tempat kering (desikator) agar tidak terkontaminasi (Riyandari *et al.*, 2022).

Karakterisasi Film

Pengujian sifat fisik film meliputi uji ketebalan film, uji kadar air (Peng *et al.*, 2013), uji kelarutan film menggunakan pelarut akuades (Riyandari *et al.*, 2018), uji densitas film (Aulia *et al.*, 2022), dan uji transparansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Wu *et al.*, 2017). Interaksi molekuler dari film yang telah dibuat diamati menggunakan spektrofotometer FTIR (Perkin Elmer L1600401 Spectrum TWO FT-IR/DTGS/APV). Film dikeringkan menggunakan desikator selama 2 minggu pada suhu ruang (25°C) sebelum dianalisa. Film kemudian di scanning dari 400 – 4000 cm⁻¹. (Riyandari *et al.*, 2018), dan potensi film kitosan-alginat dengan penambahan asam sitrat sebagai pengemas aktif dikaji melalui penentuan aktivitas antioksidan film menggunakan metode DPPH (Sigma Aldrich). Asam sitrat yang terlepas dari film KPE kitosan-alginat direaksikan dengan larutan radikal DPPH dengan cara menghitung nilai dari nilai %RSA (*Radical Scavenging Activity*) dari absorbansi yang diperoleh dari pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis. (Tongdeesoontorn *et al.*, 2021).

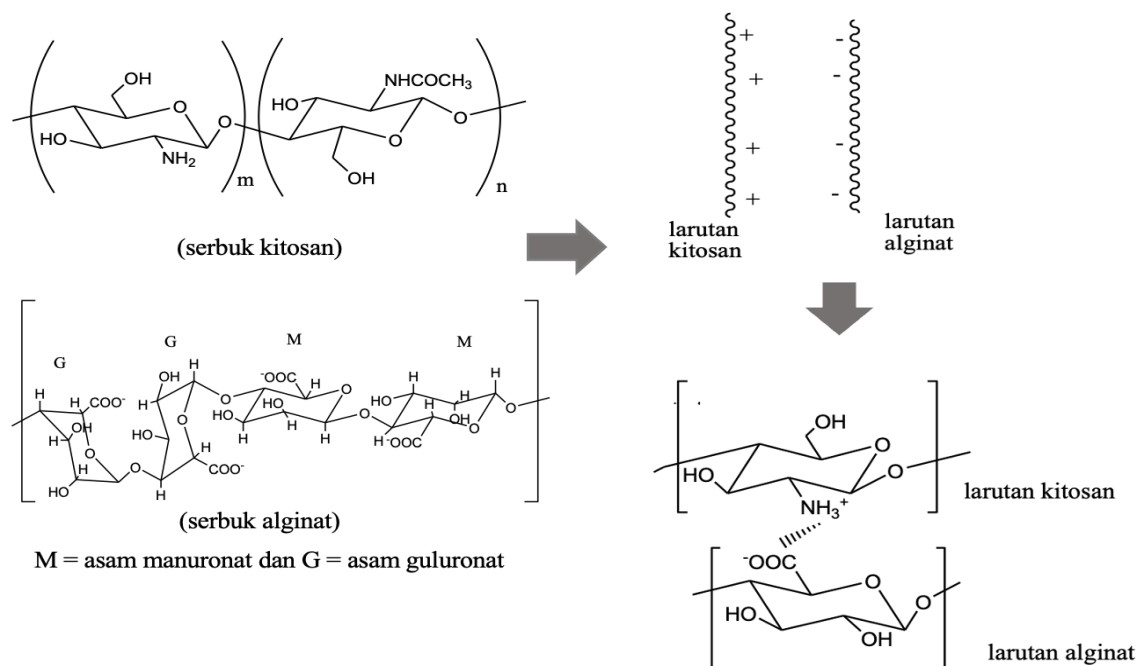
Uji Statistik

Semua data diolah menggunakan Microsoft Excel dan SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). Analisis data nilai ketebalan film, kelarutan film, densitas film, kandungan air film, dan transparansi film dilakukan pada empat formulasi A₀, A₁, A₂, dan A₃ menggunakan uji Anova (*Analysis of Variance*) pada taraf kepercayaan 95% atau $\alpha=0.05$. Selanjutnya, dilakukan uji beda nyata (BNT) untuk melihat apakah perbedaan di antara dua nilai itu nyata atau tidak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

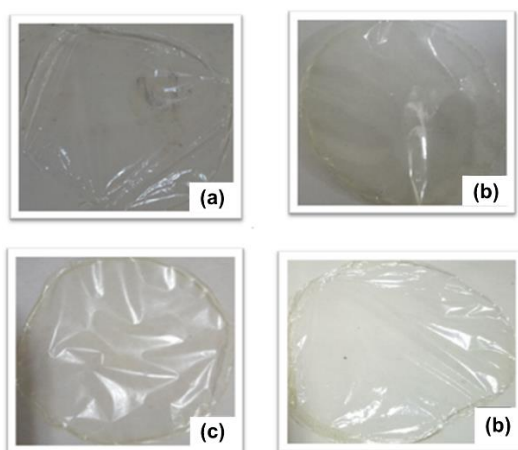
Suatu film kompleks polielektrolit (KPE) kitosan-alginat akan terbentuk pada tingkat/derajat keasaman tertentu larutan film tersebut. Keberadaan ikatan hidrogen dan interaksi intramolekular lainnya juga dapat memengaruhi terbentuknya film KPE. Pembentukan film KPE kitosan-alginat dalam penelitian ini dilakukan pada pH ± 4 . Pada dasarnya, reaksi terbentuknya film KPE kitosan-alginat akan berlangsung optimal apabila gugus amina dari kitosan terprotonasi dalam jumlah yang besar. Begitu pula dengan gugus karboksilat dari alginat. Nilai pK_a kitosan adalah $\pm 6,3$ sedangkan nilai pK_a alginat berada pada rentang antara 3,4–3,7 (Lawrie *et al.*, 2007). Interaksi ionik antara gugus terprotonasi amina ($-\text{NH}_3^+$) dan gugus anionik karboksilat ($-\text{COO}^-$) akan semakin meningkat jika gugus amina dan karboksilat terionisasi dalam jumlah besar. Interaksi ionik yang berlangsung juga

semakin kuat meskipun terdapat interaksi hidrofobik ataupun ikatan hidrogen yang terbentuk. Ketika pH larutan film bernilai kurang dari 3,4–3,7 ataupun pH larutan lebih dari 6,3, maka akan menghasilkan interaksi ionik antara gugus yang terjadi tidak optimal. Hal ini disebabkan oleh jumlah ion yang terbentuk dari gugus amina ($-\text{NH}_3^+$) dan gugus karboksilat ($-\text{COO}^-$) menjadi tidak optimal (Lawrie *et al.*, 2007). Akibatnya, interaksi yang terbentuk juga menjadi lemah sehingga menghasilkan sifat mekanik yang kurang baik. Ilustrasi interaksi ionik yang terjadi antara larutan kitosan dengan larutan alginat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi interaksi ionik yang terjadi antara larutan kitosan dengan larutan alginat (Hermanto *et al.*, 2019; Lawrie *et al.*, 2007).

Adapun hasil sintesis film KPE yang terbentuk dari kombinasi kitosan-alginat dengan asam sitrat dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan hasil pada Gambar 2, film KPE kitosan-alginat tanpa penambahan asam sitrat terlihat tidak memiliki perbedaan warna jika dilihat secara visual. Semua film yang terbentuk berwarna putih dan terlihat cukup transparan. Penambahan senyawa asam sitrat dengan level konsentrasi yang paling tinggi menyebabkan munculnya titik kecil di beberapa bagian film. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya serbuk asam sitrat yang masih belum terlarut sempurna sehingga film dengan konsentrasi asam sitrat tertinggi memiliki permukaan yang sedikit tidak rata jika dibandingkan dengan film tanpa penambahan asam sitrat.



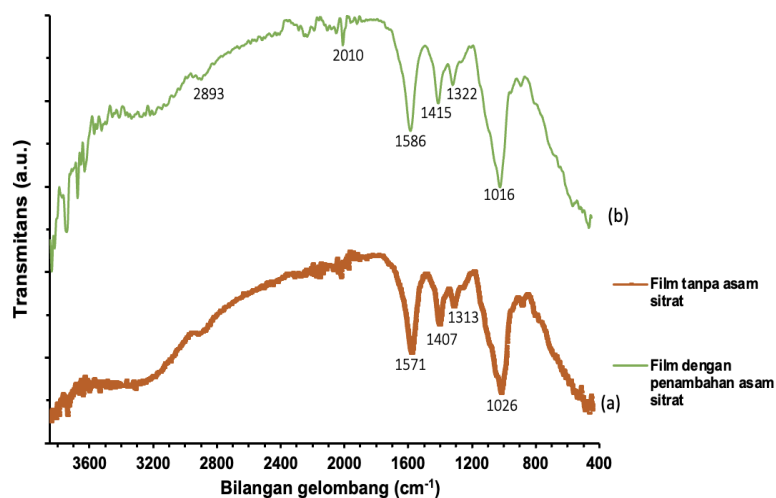
Gambar 2. Film kombinasi kitosan-alginat yang dibuat; (a) film tanpa penambahan asam sitrat, (b) film dengan konsentrasi asam sitrat 5 ppm, (c) film dengan konsentrasi asam sitrat 10 ppm, (d) film dengan konsentrasi asam sitrat 20 ppm.

Hasil Uji Sifat Fisik Film Kitosan Alginat Asam Sitrat

Karakterisasi film menggunakan FTIR

Interaksi molekuler film kitosan-alginat dengan asam sitrat ditunjukkan pada Gambar 3. Kitosan memiliki serapan khas dari vibrasi N–H pada bilangan gelombang 1597 cm^{-1} sedangkan alginat memiliki serapan khas dari regangan simetrik C–O–O dari gugus karboksilat pada bilangan gelombang 1413 cm^{-1} dan regangan antisimetrik C–O–O pada bilangan gelombang 1605 cm^{-1} (Riyandari *et al.*, 2018). Serapan yang muncul dari film kitosan-alginat (spektrum a) pada bilangan gelombang 1571 cm^{-1} mengindikasikan adanya geseran serapan dari kitosan maupun alginat, Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan lingkungan ionik dari kitosan dan alginat, sehingga mengindikasikan adanya interaksi ionik antara gugus NH_3^+ dan COO^- (Riyandari *et al.*, 2018).

Penambahan asam sitrat ke dalam film KPE kitosan-alginat menyebabkan terjadinya pergeseran beberapa puncak serapan. Keberadaan asam sitrat menyebabkan pergeseran puncak dan adanya beberapa peningkatan intensitas serapan pada bilangan gelombang. Setelah penambahan asam sitrat, pergeseran bilangan gelombang terjadi pada bilangan gelombang 1026 cm^{-1} menjadi 1016 cm^{-1} , 1322 menjadi 1313 cm^{-1} , 1415 menjadi 1407 cm^{-1} , dan 1582 menjadi 1590 cm^{-1} . Adanya pelebaran puncak, meningkatnya serapan, dan pergeseran bilangan gelombang mengindikasikan bahwa adanya perubahan interaksi molekuler yang terjadi pada KPE kitosan-alginat dan asam sitrat. Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa bentuk spektrum film tanpa asam sitrat dan film KPE dengan penambahan asam sitrat hampir mirip. Namun, terjadi pergeseran bilangan gelombang pada film KPE tanpa asam sitrat (A_0) ketika asam sitrat ditambahkan. Selain itu, munculnya serapan baru pada bilangan gelombang 2010 cm^{-1} dan 2893 cm^{-1} . Hal ini dapat membuktikan bahwa film film KPE-asam sitrat telah terbentuk.



Gambar 3. Spektrum FTIR Film KPE kitosan-alginat dengan penambahan asam sitrat.

Ketebalan film

Tabel 1 menunjukkan ketebalan film KPE kitosan-alginat meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi asam sitrat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang diperoleh oleh Priyadarshi *et al.*, (2018) dimana meningkatnya konsentrasi asam sitrat akan meningkatkan pula nilai ketebalan film. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Peng *et al.*, (2013) dimana penambahan ekstrak teh ke dalam film kitosan pada level konsentrasi yang lebih tinggi meningkatkan pula nilai ketebalan filmnya.

Tabel 1. Data ketebalan, kadar air, kelarutan dan massa jenis film kombinasi kitosan, alginat, dan asam sitrat.

Sampel	Ketebalan (mm)	Kadar air (%)	Kelarutan dalam air (%)	Massa jenis (g/mL)	Transparansi film
A ₀	0,0123 ^a	15,85 ^d	12,215 ^d	0,210 ^a	0,5127 ^a
A ₁	0,0143 ^{ab}	12,50 ^{ac}	9,745 ^{bc}	0,454 ^b	1,2917 ^b
A ₂	0,0167 ^{bc}	12,10 ^{ab}	9,265 ^b	1,328 ^c	2,6813 ^c
A ₃	0,0187 ^{cd}	11,74 ^a	8,330 ^a	2,035 ^d	4.9910 ^d

Keterangan:

a-d = superscript huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata (P-0.05) dengan uji lanjut beda nyata terkecil (BNT).

Penelitian Kawija *et al.*, (2018) menunjukkan bahwa hasil ketebalan film pati singkong dengan penambahan asam sitrat sebagai agen taut silang berkisar antara 0,0102-0,01812 mm. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya kenaikan konsentrasi asam sitrat juga meningkatkan nilai ketebalan film. Hasil serupa juga diperoleh oleh Wu *et al.*, (2017) dimana diperoleh bahwa hasil ketebalan pada film kombinasi berbahan dasar pati kentang dan kitosan yang juga meningkatkan ketebalan film seiring meningkatnya level konsentrasi asam sitrat yang ditambahkan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah padatan terlarut pada larutan film tersebut.

Pada penelitian ini, hasil ketebalan film KPE kitosan-alginat dengan penambahan asam sitrat telah memenuhi standar ketebalan edible film menurut *Japanese Industrial Standard* (JIS) yaitu film memiliki ketebalan maksimum 0,25 mm. Film KPE kitosan-alginat dengan penambahan asam sitrat ini lebih tipis dibandingkan dengan film-film yang telah diteliti oleh peneliti sebelumnya. Hal ini disebabkan oleh penggunaan alat cetakan yang ukurannya lebih kecil dan volume larutan film yang lebih sedikit. Selain itu, komposisi bahan dasar film yang digunakan juga berbeda.

Nilai ketebalan film biasanya dipengaruhi oleh ukuran cetakan yang digunakan, volume larutan yang digunakan dalam cetakan, dan besarnya konsentrasi padatan terlarut dari larutan film. Apabila konsentrasi padatan terlarut dalam larutan film dalam jumlah besar, maka semakin tinggi pula nilai ketebalan film yang diperoleh. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya polimer penyusun film sehingga akan meningkatkan nilai ketebalan film yang dibuat. Suatu larutan film dengan komposisi bahan dasar yang lebih besar akan menghasilkan larutan yang sangat kental sehingga nilai ketebalan juga akan meningkat. Larutan film yang memiliki konsentrasi padatan terlarut lebih tinggi cenderung lebih sulit larut. Oleh karena itu, film yang dihasilkan akan bersifat lebih permeabel dan lebih tebal. Film dengan ketebalan lebih tinggi memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menghambat laju transmisi uap air, sehingga produk makanan akan memiliki daya simpan yang semakin lama. Namun, film yang terlalu tebal juga akan memengaruhi rasa dari suatu produk pangan saat dimakan, sehingga ketebalan film harus disesuaikan dengan produk pangan yang akan dikemas.

Kadar air film

Kandungan air sangat berpengaruh terhadap kualitas film saat disimpan maupun diaplikasikan sebagai pengemas suatu produk. Kandungan air pada film dipengaruhi oleh jumlah dan jenis bahan pembentuk film. Tabel 1 menunjukkan nilai kandungan air semakin menurun seiring dengan penambahan asam sitrat pada level konsentrasi yang lebih tinggi. Film A₀ memiliki nilai kandungan air paling tinggi, sedangkan film A₃ memiliki kandungan air yang paling rendah. Polimer kitosan akan berinteraksi dengan air karena adanya gugus hidroksil dan amina bebas yang lebih banyak mengambil bagian dalam ikatan kovalen dengan ikatan taut silang asam sitrat yang menyebabkan tidak tersedianya lagi untuk berinteraksi dengan molekul air. Interaksi yang terjadi antara polisakarida dan air akan menjadi terbatas sehingga mengakibatkan penurunan nilai kandungan air dari film.

Hasil yang diperoleh ini didukung oleh penelitian Priyadarshi *et al.*, (2018) dimana film kitosan yang dipadukan dengan asam sitrat dan gliserol menunjukkan nilai kandungan air dengan tren yang semakin menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi asam sitrat. Penelitian Wu *et al.*, (2019) juga melaporkan hasil yang serupa dimana film komposit pati kentang dan kitosan yang tertaut silang oleh asam sitrat menurun seiring meningkatnya konsentrasi asam sitrat. Penambahan asam sitrat dengan konsentrasi 0; 5; 10; dan 15 % pada film kombinasi pati kentang-kitosan menghasilkan penurunan kandungan air berturut-turut sebesar 17,91; 17,47; 16,13; dan 16,01%. Hal ini disebabkan oleh adanya efek ikatan silang yang terbentuk melalui penambahan asam sitrat. Keberadaan asam sitrat akan meningkatkan interaksi antarmolekul sehingga terjadi akan terjadi penurunan gugus hidrofilik bebas dalam film.

Menurut Priyadarshi *et al.*, (2018), pembuatan film kitosan yang digabungkan dengan asam sitrat dan gliserol menunjukkan ketahanan air yang lebih baik karena dengan adanya ikatan silang sehingga nilai kandungan air akan semakin menurun. Priyadarshi *et al.*, (2018) melaporkan bahwa hasil penelitiannya menunjukkan kadar air pada film kitosan yang ditambahkan asam sitrat dengan perbandingan yang sama (1:1) sebesar 22,14%. Pada film kitosan yang ditambahkan gliserol dan asam sitrat dengan perbandingan yang berbeda (0,5:1), nilai kadar air semakin menurun menjadi 15,70%.

Pada penelitian ini, nilai kadar air film KPE kitosan-alginat dengan penambahan asam sitrat berkisar antara 11,74 % - 15,85%. Hal ini, telah sesuai dengan syarat mutu edible film menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3735-1995 yaitu film yang baik memiliki kandungan air tidak lebih dari 16%

Kelarutan film

Kelarutan film merupakan sifat dasar suatu film pengemas yang penting karena berkaitan dengan daya tahan film terutama terhadap lingkungan yang lembab. Pada penelitian ini, kelarutan film diuji dalam pelarut akuades. [Tabel 1](#) menunjukkan persen kelarutan film menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi asam sitrat. Hasil persen kelarutan tertinggi terjadi pada film KPE tanpa penambahan asam sitrat, sedangkan kelarutan terendah dimiliki oleh film KPE dengan penambahan asam sitrat yang paling tinggi. Penurunan kelarutan mencapai 31,8% dengan penambahan asam sitrat tertinggi. Polimer kitosan dapat berinteraksi dengan air karena keberadaan gugus hidroksil bebas dan gugus amina. Kedua gugus tersebut dapat berikatan kovalen dengan asam sitrat melalui ikatan taut silang sehingga gugus hidroksil maupun amina tidak tersedia untuk berikatan dengan molekul air ([Priyadarshi *et al.*, 2018](#)).

Penelitian ini juga serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh [Menzel *et al.*, \(2013\)](#) dimana film pati yang ditambahkan asam sitrat menunjukkan nilai kelarutan berkisar 21,4%-13,7% dengan tren nilai kelarutan yang menurun. Hal ini karena adanya reaksi pengikatan silang asam sitrat dan esterifikasi dapat memperkuat ikatan film baik secara kimiawi maupun fisik sehingga menghasilkan kelarutan air yang lebih rendah. Serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh [Jiang *et al.*, \(2020\)](#) menunjukkan bahwa nilai persen kelarutan film konjak glukoman-kitosan (KNC) yang ditambahkan dengan berbagai konsentrasi asam sitrat (0; 10; 15; dan 20%) memiliki nilai kelarutan berturut-turut 43,30; 21,39; 14,55; dan 13,51%. Penelitian lain yang dilakukan oleh [Wu *et al.*, \(2019\)](#) juga menunjukkan penurunan nilai kelarutan seiring kenaikan konsentrasi asam sitrat yang ditambahkan pada film paduan pati kentang-kitosan sebesar 50,65; 28,63; 24, 35; dan 21,60%.

Densitas film

Data pada [Tabel 1](#) menunjukkan densitas film meningkat secara linear seiring dengan meningkatnya konsentrasi asam sitrat. Nilai densitas terkecil terdapat pada film A₀ yaitu film KPE kitosan-tanpa penambahan asam sitrat, sedangkan densitas tertinggi terdapat pada film KPE kitosan-alginat dengan asam sitrat tertinggi (film A₃). Peningkatan nilai densitas film mencapai 54% saat penambahan asam sitrat film KPE kitosan-alginat dilakukan. Peningkatan densitas hingga $\pm 35\%$ terjadi saat konsentrasi asam sitrat ditingkatkan dua kali lipat dari konsentrasi 10 ppm menjadi 20 ppm.

Peningkatan nilai densitas ini berkaitan dengan kepadatan film. Film dengan komposisi bahan yang lebih tinggi akan memiliki kepadatan yang juga lebih tinggi seiring peningkatan jumlah asam sitrat. Film dengan komposisi bahannya lebih kecil cenderung memiliki ruang kosong sehingga menyebabkan penurunan kepadatan film. Kepadatan ini akan mempengaruhi ketebalan film dan berkaitan dengan berat molekul komponen yang tergabung dalam film. Hal inilah yang menyebabkan film dengan komposisi terbesar dan ketebalan tertinggi juga memiliki densitas tertinggi ([Christwardana *et al.*, 2021](#); [Razavi *et al.*, 2015](#)). Hal serupa juga diperoleh oleh [Christwardana *et al.*, \(2021\)](#). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa bioplastik yang dibuat dari kombinasi pati singkong dan pati talas memiliki densitas yang berbanding lurus dengan ketebalan. Peningkatan komposisi dari bioplastik yang terbentuk cenderung meningkatkan nilai ketebalan dan densitas bioplastik.

Transparansi film

Pengukuran tingkat transparansi film yang dibuat dilakukan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 600 nm. Nilai transparansi film mengindikasikan tingkat dispersi dari ukuran partikel dalam suatu matriks film pengemas. Apabila ukuran partikel pada film cukup besar maka cahaya akan terhalang pada panjang gelombang cahaya tampak (visibel), sehingga nilai transparansi ini dapat digunakan untuk menjelaskan film yang dihasilkan bersifat tembus cahaya atau tidak. Nilai transparansi dapat dihitung dari besarnya absorbansi pada panjang gelombang 600 nm. Nilai transparansi berbanding terbalik dengan tingkat transparansi film yang dihasilkan. Nilai transparansi yang semakin besar mengindikasikan bahwa film memiliki tingkat transparansi yang rendah ([Wu *et al.*, 2017](#)).

[Tabel 1](#) menunjukkan bahwa nilai transparansi meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi asam sitrat. Hasil yang diperoleh ini serupa dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh [Wu *et al.*, \(2017\)](#) dimana senyawa asam sitrat ditambahkan ke dalam film berbahan dasar pati-polivinil alkohol (PVA). Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan asam sitrat pada level konsentrasi yang lebih tinggi akan meningkatkan nilai transparansi film. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam sitrat yang ditambahkan ke dalam film KPE akan menyebabkan tingkat transparansi film menurun. Penurunan transparansi

ini berkolerasi dengan ukuran partikel yang terdispersi dalam film KPE kitosan-alginat. Pada saat senyawa asam sitrat yang ditambahkan pada level konsentrasi yang lebih tinggi ke dalam film KPE, maka ukuran partikel yang terdispersi menjadi lebih besar sehingga mengurangi sifat tembus cahaya dari film tersebut. Oleh karena itu, cahaya yang dilewatkan akan menjadi terhalang dan menurunkan transparansi film. Selain itu, permukaan film yang cenderung lebih kasar setelah peningkatan konsentrasi asam sitrat menyebabkan struktur film menjadi cenderung kurang seragam akibat kehomogenan film menurun. Hal inilah yang menyebabkan transparansi akan menurun (Riyandari *et al.*, 2018).

Aktivitas antioksidan film

Potensi film kitosan-alginat dengan penambahan asam sitrat sebagai pengemas aktif dikaji melalui penentuan aktivitas antioksidan film menggunakan metode DPPH. Asam sitrat yang terlepas dari film KPE kitosan-alginat direaksikan dengan larutan radikal DPPH dengan cara menghitung nilai dari nilai RSA (*Radical Scavenging Activity*) dari absorbansi yang diperoleh dari pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Tabel 2 menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan dari film A₀, A₁, A₂, dan A₃ mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi asam sitrat. Film A₃ dengan konsentrasi asam sitrat tertinggi memiliki nilai %RSA tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas asam sitrat sebagai agen antioksidan ditentukan oleh besarnya konsentrasi dari asam sitrat tersebut. Semakin tinggi konsentrasi dari asam sitrat yang ditambahkan, maka semakin tinggi pula aktivitas antioksidan yang dihasilkan. Priyadarshi, *et al.*, (2018) melaporkan semakin tingginya konsentrasi asam sitrat akan meningkatkan jumlah radikal DPPH yang akan bereaksi dengan asam sitrat sehingga konsentrasi radikal DPPH akan berkurang. Penurunan konsentrasi radikal DPPH dalam sistem larutan uji dapat diamati melalui penurunan absorbansi larutan radikal DPPH (Tabel 2) yang dideskripsikan oleh peningkatan nilai % RSA.

Tabel 2. Data aktivitas antioksidan film kombinasi kitosan, alginat, dan asam sitrat.

Sampel	Ulangan Ke-	Absorbansi kontrol	Absorbansi larutan film	Rerata Nilai % RSA
A ₀	1	0,976	0,961	1,725 ± 0,158
	2		0,957	
	3		0,955	
A ₁	1	0,976	0,893	8,538 ± 0,157
	2		0,891	
	3		0,894	
A ₂	1	0,976	0,879	9,939 ± 0,410
	2		0,875	
	3		0,883	
A ₃	1	0,976	0,872	10,792 ± 0,157
	2		0,871	
	3		0,869	

KESIMPULAN

Film kitosan-alginat-asam sitrat telah berhasil disintesis. Hasil uji statistik menunjukkan penambahan asam sitrat dengan variasi konsentrasi 0, 5, 10, dan 20 ppm berpengaruh signifikan terhadap karakteristik film kitosan alginat. Penambahan asam sitrat mampu meningkatkan ketebalan film, densitas film, dan transparansi film, serta menurunkan kadar air film dan kelarutan. Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR menunjukkan film kitosan-alginat-asam sitrat telah terbentuk. Karakteristik film kitosan alginat dengan penambahan asam sitrat yaitu ketebalan film berada pada rentang 0,0123 – 0,0187 mm dan telah memenuhi standar ketebalan edible film menurut JIS, densitas film berada pada rentang 0,2105 – 2,0350, kadar air film berada pada rentang 11,74 – 15,85% dan telah memenuhi standar kadar air film sesuai SNI 06-3735-1995, kelarutan film berada pada rentang 8,33 – 12,215%, transparansi film berada pada rentang 0,5127 – 4,9910. Hasil uji aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa film kitosan-alginat-asam sitrat memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai film pengemas aktif.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini.

KONTRIBUSI PENULIS

SS: konseptualisasi, metodologi, Penulisan Draft manuskrip, BAR: Analisis Data, Telaah dan Penyuntingan Manuskrip, NN: pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, M. P., Rizki, R., Aprilia, S., & Mulana, F., 2022. Effect of Addition Elephant Grass Cellulose and CaCO₃ Oyster Shell Waste as Bioplastic Composites. *Molekul*, 17(2), 281–291. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2022.17.2.6410>.
- Carnaval, L. de S. C., Bezerra, A. C., Arroyo, B. D. C. J., Lins, L. O., Melo, E. de A., & Santos, A. M. P., 2022. Bioactive chitosan/extract peppermint films to food packing in brisee dough: mechanic properties, antioxidant activity and shelf life. *Research, Society and Development*, 11(1), 1–19. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25436>.
- Christwardana, M., Ismojo, & Marsudi, S., 2021. Physical, thermal stability, and mechanical characteristics of new bioplastic from blends cassava and tannia starches as green material. *Molekul*, 16(1), 46–56. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2021.16.1.671>.
- Contini, C., Álvarez, R., O’Sullivan, M., Dowling, D. P., Gargan, S. Ó., & Monahan, F. J., 2014. Effect of an active packaging with citrus extract on lipid oxidation and sensory quality of cooked turkey meat. *Meat Science*, 96(3), 1171–1176. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.007>.
- Fajriati, I., Sedyadi, E., & Sudarlin, S., 2017. Synthesis Of Chitosan-Film Composite TiO₂ Using Sorbitol As Plasticizer. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 13(1), 75. <https://doi.org/10.20961/alchemy.v13i1.4350>.
- Hermanto, D., Mudasir, M., Siswanta, D., Kuswandi, B., & Ismillayli, N., 2019. Polyelectrolyte complex (PEC) of the alginate-chitosan membrane for immobilizing urease. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 51(3), 309–319. <https://doi.org/10.5614/j.math.fund.sci.2019.51.3.8>.
- Jiang, H., Sun, J., Li, Y., Ma, J., Lu, Y., Pang, J., & Wu, C., 2020. Preparation and characterization of citric acid crosslinked konjac glucomannan/surface deacetylated chitin nanofibers bionanocomposite film. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 2612–2621. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.08.138>.
- Kawija, Atmaka, W., & Lestariana, S., 2018. Studi Karakteristik Pati Singkong Utuh Berbasis Edible Film Dengan Modifikasi Cross-Linking Asam Sitrat. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 18(2).
- Kulig, D., Zimoch-Korzycka, A., Kró, Z., Oziembłowski, M., & Jarmoluk, A., 2017. Effect of film-forming alginate/chitosan polyelectrolyte complex on the storage quality of pork. *Molecules*, 22(1). <https://doi.org/10.3390/molecules22010098>.
- Lawrie, G., Keen, I., Drew, B., Chandler-Temple, A., Rintoul, L., Fredericks, P., & Grøndahl, L., 2007. Interactions between alginate and chitosan biopolymers characterized using FTIR and XPS. *Biomacromolecules*, 8(8), 2533–2541. <https://doi.org/10.1021/bm070014y>.
- Menzel, C. (2020). Improvement of starch films for food packaging through a three-principle approach: Antioxidants, cross-linking and reinforcement. *Carbohydrate Polymers*, 250. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116828>.
- Menzel, C., Olsson, E., Plivelic, T. S., Andersson, R., Johansson, C., Kuktaitė, R., Järnström, L., & Koch, K. (2013). Molecular structure of citric acid cross-linked starch films. *Carbohydrate Polymers*, 96(1), 270–276. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.03.044>.
- Peng, Y., Wu, Y., & Li, Y. (2013). Development of tea extracts and chitosan composite films for active packaging materials. *International Journal of Biological Macromolecules*, 59, 282–289. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.04.019>.
- Potaś, J., Szymańska, E., & Winnicka, K. (2020). Challenges in developing of chitosan – Based polyelectrolyte complexes as a platform for mucosal and skin drug delivery. In *European Polymer Journal* (Vol. 140). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2020.110020>.
- Priyadarshi, R., Sauraj, Kumar, B., & Negi, Y. S. (2018). Chitosan film incorporated with citric acid and glycerol as an active packaging material for extension of green chilli shelf life. *Carbohydrate Polymers*, 195, 329–338. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.04.089>.
- Razavi, S. M. A., Mohammad Amini, A., & Zahedi, Y. (2015). Characterisation of a new biodegradable edible film based on sage seed gum: Influence of plasticiser type and concentration. *Food Hydrocolloids*, 43, 290–298. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.05.028>.

- Riyandari, B. A., Suherman, & Siswanta, D. (2018). The physico-mechanical properties and release kinetics of eugenol in chitosan-alginate polyelectrolyte complex films as active food packaging. *Indonesian Journal of Chemistry*, 18(1), 82–91. <https://doi.org/10.22146/ijc.26525>.
- Riyandari, B. A., Tri Rizki, Y., & Ramdani, M. (2022). Synthesis of Polyelectrolyte Complex Films of Chitosan-Alginate by Addition of Kelor Leaves Extract (*Moringa oleifera*) for Food Packaging. *Jurnal Kimia Riset*, 7(2), 133–140.
- Tongdeesoontorn, W., Mauer, L. J., Wongruong, S., Sriburi, P., Reungsang, A., & Rachtanapun, P. (2021). Antioxidant films from cassava starch/gelatin biocomposite fortified with quercetin and TBHQ and their applications in food models. *Polymers*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/polym13071117>.
- Vilela, C., Kurek, M., Hayouka, Z., Röcker, B., Yildirim, S., Antunes, M. D. C., Nilsen-Nygaard, J., Pettersen, M. K., & Freire, C. S. R. (2018). A concise guide to active agents for active food packaging. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 80, pp. 212–222). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.006>.
- Wibowo, A. H., Fehragucci, H., & Purnawan, C. (2023). Effect of Plasticizer Addition on The Characteristics of Chitosan-Alginate Edible Film. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 19(2), 123–129. <https://doi.org/10.20961/alchemy.19.2.71348.123-129>.
- Wu, H., Lei, Y., Lu, J., Zhu, R., Xiao, D., Jiao, C., Xia, R., Zhang, Z., Shen, G., Liu, Y., Li, S., & Li, M. (2019). Effect of citric acid induced crosslinking on the structure and properties of potato starch/chitosan composite films. *Food Hydrocolloids*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105208>.
- Wu, Z., Wu, J., Peng, T., Li, Y., Lin, D., Xing, B., Li, C., Yang, Y., Yang, L., Zhang, L., Ma, R., Wu, W., Lv, X., Dai, J., & Han, G. (2017). Preparation and application of starch/polyvinyl alcohol/citric acid ternary blend antimicrobial functional food packaging films. *Polymers*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/polym9030102>.