

# Sifat Mekanik Edible film Berbasis Kitosan : Optimasi dengan Penambahan Karboksimetil Selulosa

Ayu Amalia<sup>(1,a)\*</sup>, Suparno<sup>(1,b)</sup> , Wipsar Sunu Brams Dwandaru<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Jurusan Magister Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 55281  
Email : <sup>(a\*)</sup>ayuamalia.2024@student.uny.ac.id., <sup>(b)</sup>suparno\_mipa@uny.ac.id

Diterima (10 Desember 2024), Direvisi (30 September 2025)

**Abstract.** *Edible film is one of the alternative food packaging solutions to address environmental problems caused by plastic waste, offering the advantages of being safe and edible. Chitosan, a type of polysaccharide derived from marine products in the crustacean group, can be used as a good base material for film production. However, edible film made from chitosan has brittle properties, so it needs to be combined with another type of polysaccharide, namely cellulose from carboxymethyl cellulose (CMC), to improve bond compactness. This study aims to determine the effect of CMC addition on the mechanical properties of edible film made from 2% chitosan, 0.5% CMC, and 0.5% glycerol with variations in the volume ratio of chitosan:CMC, namely 1:0.05, 1:0.1, and 1:0.2. The characteristics of the edible film tested in this study include solubility, film thickness, tensile strength, elongation, and biodegradability. The volume ratio of chitosan:CMC 1:0.2 produced an edible film with a thickness of 0.1025 mm, tensile strength of 4.5787 MPa, and elongation of 136.7478%, meeting the Japanese Industrial Standard (JIS) and easily degradable in soil.*

**Keywords:** *edible film , chitosan, CMC, mechanic .*

**Abstrak.** Edible film menjadi salah satu alternatif kemasan pangan yang dapat mengatasi permasalahan lingkungan diakibatkan dengan limbah plastik dengan keunggulan aman dan dapat dimakan. Kitosan merupakan jenis polisakarida yang bersumber dari produk laut dari kelompok *crustacea* yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan film yang baik. Namun, edible film dari kitosan memiliki sifat yang rapuh, sehingga perlu dikombinasikan dengan jenis polisakarida yang lain yaitu selulosa dari carboxymethyl cellulose (CMC) untuk meningkatkan kerapatan ikatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan CMC terhadap sifat mekanik edible film yang dibuat dari kitosan 2%, CMC 0,5%, dan gliserol 0,5% dengan variasi rasio volume kitosan:CMC yaitu 1:0,05, 1:0,1, 1:0,2. Karakteristik edible film diuji dalam penelitian kelarutan, ketebalan film, kekuatan tarik, elongasi, dan uji biodegradabel. Perbandingan rasio volume kitosan : CMC 1:0,2 menghasilkan edible film dengan ketebalan film sebesar 0,1025 mm, kuat tarik 4,5787 MPa , elongasi 136,7478% yang memenuhi standar Japanese Industrial Standard (JIS) dan mudah terdegradasi di dalam tanah.

**Kata kunci:** *edible film , kitosan, cmc, mekanik.*

## PENDAHULUAN

Plastik merupakan material buatan yang perkembangannya mengikuti peradaban yang modern. Plastik dengan kualitas yang baik memiliki karakteristik ringan, fleksibel tahan air, dan mudah diproduksi. Polimer berbasis petroleum dapat digunakan untuk membuat plastik, dan pemrosesan yang

sukses dari bahan-bahan ini menghasilkan istilah "plastik berbasis fosil [1] . Akan tetapi, permasalahan mengenai plastik ini sebagai salah satu penyebab dalam permasalahan lingkungan. Hal ini dikarenakan sulit untuk mendaur dan menguraikan zat plastik ini. Kemasan plastik yang dibuang di lingkungan dapat menjadi

sumber penyebab dari pencemaran lingkungan hidup [2]. Selain mengurangi penggunaan kemasan plastik solusi yang dapat dillakukan yaitu dengan mengganti menjadi bahan yang biodegradabel.

Kemasan plastik dianggap praktis dan efisien, namun kini menjadi salah satu penyebab masalah lingkungan. Menurut Indonesian Olefin, Aromatic and Plastic Industry Association (INAPLAS), Indonesia menjadi salah satu negara negara yang menghasilkan sampah plastik yang besar dengan rata-rata mencapai 3 juta ton di tahun 2015. Adanya dampak buruk dari penggunaan plastik, industri makanan berinovasi untuk mengembangkan kemasan baru yang ramah lingkungan dan terbarukan. *Edible film* menjadi salah satu produk yang dikembangkan untuk mengatasi permasalahan plastik ini.

Kitosan adalah polisakarida yang dihasilkan destilasi kimia kitin yang dapat ditemukan pada hewan jenis crustacea, kutikula serangga, alga dan pada dinding sel fungi. Jenis polisakarida tersebut dapat diformulasikan menjadi film yang dapat dimakan. Selain itu, pemanfaatan kitosan dalam pembuatan *edible film* didasari oleh sangat kitosan yang dapat membentuk film dengan baik, tidak beracun, biokompatibel dan biodegradable[3]. Polisakarida memiliki sifat bahan yang dinginkan untuk dapat diaplikasikan ke dalam kemasan makanan yaitu meliputi tidak beracun, biodegradabilitas, kemudahan dalam proses pembentukan [4]. Akan tetapi, untuk dapat digunakan sebagai bahan *edible film*, kitosan perlu dikombinasikan dengan dengan bahan yang lain. Hal ini dikarenakan *edible film* yang terbuat dari kitosan mudah rapuh, karena kerangka polimer kitosan yang kaku dengan sejumlah besar ikatan hidrogen intermolekul dan intramolekul[5]. Penambahan poilsakarida yang lainnya dapat menjadi solusi dalam mengurangi kelemahan sifat *edible film* dari kitosan.

Sifat mekanik suatu bahan menjadi hal yang penting sebagai tolak ukur kualitas suatu bahan. Beberapa sifat mekanik yaitu keuletan, kekerasan, kekuatan dan ketangguhan [6]. Sifat ini menjadi juga sebagai penentu untuk melakukan proses selanjutnya dalam suatu material. Adapun material edible film dipengaruhi oleh tiga parameter yaitu kuat tarik, elongasi, dan modulus young [7]. Kriteria tersebut menjadi syarat edible film untuk dapat menjadi material yang dapat digunakan sebagai kemasan. Akan tetapi terdapat kelemahan edible film yaitu bersifat rapuh, mudah patah dan tidak lentur [8] Oleh karena itu, perlu adanya suatu bahan tambahan yaitu berupa *plasticizer* atau variasi dari poliskarida.

Salah satu bahan tambahan yang dapat meningkatkan sifat mekanik dari *edible film* berbasis kitosan adalah polisakarida dari selulosa. Bahan dari selulosa ini dapat meningkatkan kualitas *edible film* karena dapat membuat ikatanya menjadi rapat. Penelitian mengenai *edible film* yang dengan penambahan CMC yang dilakukan oleh [3] dapat berpengaruh pada peningkatan nilai ketebalan bioplastik, kepadatan, kandungan air, dan kelarutan. CM dapat digunakan sebagai agen untuk meningkatkan ikatan silang kimiawi sehingga dapat memperbaiki produk film dan dapat terurai secara hayati [9]. Selain itu, penambahan karboksimetil selulosa memiliki sifat yang dapat membentuk gel, elastis, dapat diamakan, dan dapat diperbaharui [10]. Kitosan memiliki afinitas baik apabila ditambahkan dengan selulosa karena memiliki kesamaan struktur rantai dasarnya [9]. Berdasarkan rantai kimia yang sama, maka ikatan yang terbentuk antara kitosan dan selulosa akan menjadi kuat, sehingga struktur membran akan lebih kuat dan tidak mudah robek [11].

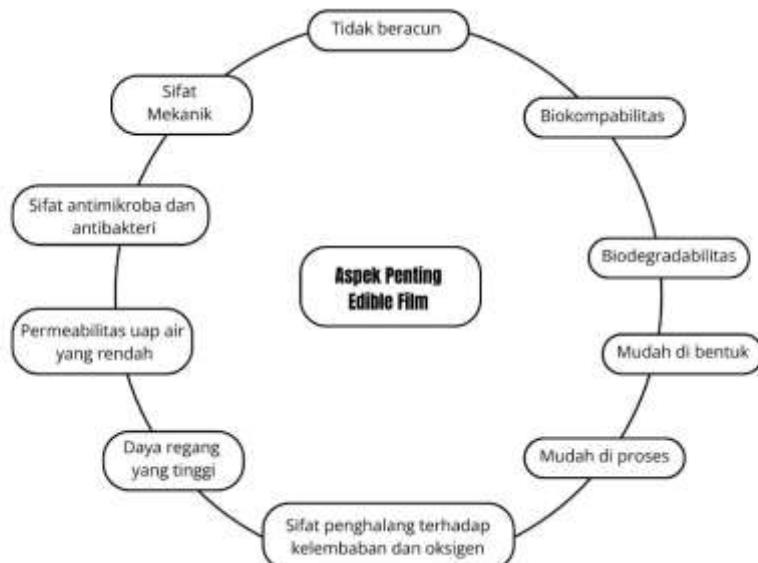
*Carboxymethyl cellulose* (CMC) sebagai turunan dari eter selulosa, dimana gugus hidroksil bebas sebagian tersubstitusi oleh gugus karboksimetil (-CH<sub>2</sub>COONa), sehingga larut dalam air. CMC menjadi

bahan yang *biodegradable* yang ideal karena memiliki sifat molekul yang berat dan struktur polimernya yang tinggi [12]. Selain itu, penambahan CMC akan menghasilkan film memiliki sifat transparansi yang tinggi, sifat mekanik yang dapat ditingkatkan, dan biokompatibilitas yang tinggi [13]. Sifat komplementer antara CMC dan kitosan menunjukkan bahwa kombinasi keduanya dapat mengatasi keterbatasan masing-masing.

Interaksi dianatara CMC dan kitosan sebagai mekanisme elektrostatis karena perbedaan muatan keduanya. Kitosan dan karboksimetil selulosa akan membentuk jaringan polielektrolit. Penambahan CMC pada kitosan meningkatkan sifat mekanik dari suatu film [14]. Selain itu, kitosan dan CMC dapat membentuk jaringan stabilisator melalui ikatan hidrogen [15][16] serta memberikan dasar struktural bagi sifat mekanik yang baik. Penelitian yang dilakukan oleh [17] menemukan bahwa interaksi ikatan hidrogen antara CS dan CMC secara signifikan meningkatkan sifat mekanik dari suatu film.

Berdasarkan karakteristik bahan dari materi kitosan dan CMC, penelitian ini

bertujuan dalam mengembangkan *edible film* yang bersumber dari kitosan dan CMC dengan tetap memperhatikan aspek *edible film* dalam pengembangannya pada gambar 1. Harapannya dengan penilitian ini dapat menjadi inovasi dalam industri kemasan plastik yang dapat dimakan untuk mengurangi sampah plastik dengan kualitas yang sama dengan kemasan biasanya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [3] yaitu dengan menggunakan konsentrasi kitosan 2% dan CMC 0,5% menghasilkan film baik, sehingga peneliti menggunakan formulasi tersebut dengan memvariasikan rasio volume dari larutan kitosan dan CMC untuk menghasilkan *edible film* yang baik sesuai standar.



Gambar 1. Aspek Edible film

## METODE PENELITIAN

### 1. Bahan dan Alat

Serbuk kitosan (CV. Sentra Teknosains Indonesia), gliserol 99,5%, karboksimetil selulosa (CMC, Koepoe Koepoe food grade), aquades, asam asetat glasial 1%.

Peralatan yang digunakan dikelompokkan menjadi dua, yaitu untuk preparasi sampel dan karakterisasi. Peralatan untuk preparasi sampel adalah gelas kimia, loyang persegi ukuran 20x2 cm, pengaduk magnetik, termometer, timbangan, pengaduk. Peralatan untuk karakterisasi adalah alat uji tarik (Universasl Tensil Strenght).

### 2. Persiapan larutan kitosan 2%

Kitosan (4 gram) dilarutkan dalam asam asetat glasila 1 % dengan pengadukan terus menerus pada suhu 60 °C hingga larutan homogen.

### 3. Persiapan larutan karboksimetil selulosa 0,5% (CMC)

CMC (1 gram) dilarutkan dalam aquades 200 ml dengan pengadukan terus menerus pada suhu 60 °C sehingga larutan homogen.

### 4. Pembuatan Edible film

Larutan kitosan 2% dan larutan CMC 0,5% dicampur dengan variasi rasio volume yaitu 1:0,2 , 1:0,1, dan 1:0,05. Selanjutnya ditambahkan dengan 0,5% gliserol pada masing-masing campuran kitosan-cmc. Kitosan-CMC dapat dipanaskan hingga mencapai keadaan homogen selama 30 menit pada suhu 60 °C. Tuang larutan sebanyak 100 ml pada cetakan sebesar 8x10 cm, dan diamkan selama 3-4 hari dalam suhu ruang.

Untuk melakukan tes kuat tarik, *edible film* , sample dipotong sesuai standar

pengujian yaitu 5x12 cm. Kemudian kedua ujung sampel dijepit. Pengujian dilakukan dengan prosedur ASTM 882-91 di Laboratorium Fakultas Teknologi Pertanian, Univeristas Gadjah Mada. Kuat tarik dan persentase *elongation of break* diukur dengan menggunakan *Universal Testing Instrument* (UTI).

#### Kekuatan tarik

*Edible film* dipasang pada penjepit dengan jarak 50 mm, dengan test spreed yaitu 10 mm/min, dan diukur menggunakan **persamaan 1**.

$$\tau = \frac{F_{maks}}{A} \quad (1)$$

Dengan  $\tau$  adalah *tensil strength* (MPa),  $F_{max}$  adalah *tensile strength* (N) , dan  $A$  adalah luas.

#### Elongasi

*Edible film* dipasang pada penjepit dengan jarak 50 mm, dengan test spreed yaitu 10 mm/min. Perhitungan dilakukan pada saat film putus atau robek dan dihitung dengan **persamaan 2**.

$$\%Elongasi = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \quad (2)$$

Dengan  $l_1$  adalah panjang setelah putus dan  $l_0$  adalah panjang awal.

#### Biodegradability

Uji biodegradabilitas dilakukan untuk menentukan waktu sampel bioplastik mulai terurai. Uji biodegradabilitas dilakukan menggunakan tanah dalam proses degradasi tambahan atau menggunakan teknik tanah yang disebut uji penguburan tanah [18]. Sebuah sampel berukuran 3x3 cm ditanam dalam pot yang diisi dengan tanah. Dan pot dibiarkan dalam keadaan yang terbuka. Sampel diamati sekali seminggu hingga

sampai tergradasi sepenuhnya, atau hingga sampel tidak lagi terlihat, atau hingga sampel menyatu dengan tanah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Tensil Strength Edible film*

Setiap variasi volume CMC memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tarik yang selalu meningkat tetapi tidak terlalu signifikan perubahannya. Apabila didasarkan pada standar *edible film* Japanese Industrial Standard (JIS) hanya perbandingan kitosan-cmc 1:0,2 yang memiliki nilai kuat tarik yang terstandarisasi yaitu 4,5787 MPa. Variasi volume penambahan CMC tidak terlalu berpengaruh kemungkinan dapat disebabkan oleh konsentrasi *plasticizer* yaitu gliserol yang mempengaruhi kekuatan tarik dari *edible film*. Dalam penelitian ini, konsentrasi gliserol yang ditambahkan sama pada setiap variasi kitosan dan cmc yaitu sebesar 0,5% yang menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan.

Faktor penambahan konsentrasi gliserol yang bervariasi dapat mempengaruhi

kekuatan tarik film [19]. Semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka akan mempengaruhi kekuatan tarik yang semakin turun, tetapi jika gliserol yang ditambahkan sedikit *edible film* akan mudah retak atau kurang elastis [20]. Menurut [21], nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dipengaruhi oleh kandungan filler yang besar. Hal ini karena semakin besar kandungan filler, semakin banyak ikatan yang terdapat dalam *edible film* sehingga ikatan kimia akan lebih kuat dan sulit tidak mudah terputus.

Hasil yang diperoleh mengenai kekuatan tarik *edible film* ini hampir sama dengan penelitian [22] yang berkisar pada 0,08 sampai 0,361 yang terbuat dari kitosan dan pati.

### Ketebalan Edible film

Pengaruh variasi volume CMC terhadap ketebalan *edible film* disajikan pada tabel 2. Penambahan CMC pada *edible film* berbasis kitosan memiliki pengaruh yang signifikan, terlihat bahwa setiap variasi memiliki ketebalan yang sesuai dengan standar *edible film* menurut Japanese Industrial Standard (JIS). Akan tetapi *edible film* yang tipis, maka film akan lebih mudah rusak

**Tabel 2.** Perbandingan Sifat Mekanik *Edible film*

Karakteristik <i>edible film</i>	Standar Edible film (JIS)	Hasil Penelitian		
		1:0,05	1:0,1	1:0,2
Ketebalan (mm)	<0,25	0,13	0,147	0,1025
Kuat Tarik (MPa)	>3,92266	2,8271	3,6330	4,5787
Elongasi (%)	Buruk <10% Baik > 50%	109,5493	101,2972	136,7478

CMC adalah bahan yang mudah menyerap air atau disebut dengan bahan

higroskopis. Semakin banyak volume CMC yang ditambahkan, maka akan semakin banyak air yang akan diserap dan terikat oleh material. Hal ini didukung dengan data kelarutan *edible film* dalam air yang menunjukkan bahwa rasio volume CMC yang ditambahkan semakin banyak akan mudah larut dalam air. Gugus hidroksil yang dimiliki oleh CMC dapat mengikat air bebas dari larutan, emulsi atau suspensi sebagai air hidrat sehingga dapat berpengaruh pada ketebalan *edible film* karena penambahan CMC dapat membuat larutan emulsi menjadi lebih kental [23]. Oleh karena itu, semakin banyak volume CMC yang ditambahkan, maka ketebalan dari edibel film akan meningkat.

Pada perbandingan 1:0,2 mengalami penuruan ketebalan *edible film* yang mana tidak sejalan dengan [23] yang menyatakan bahwa penambahan CMC akan meningkatkan nilai ketebalan film. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh larutan yang tidak homogen dan tidak terikat sempurna, sehingga banyak gumpalan pada larutan yang dihasilkan. Selain itu, kemungkinan faktor lain seperti alat cetak yang tidak merata atau pengeringan yang dilakukan kurang sempurna. Pengeringan kurang maksimal karena menggunakan sinar matahari. Hal ini ditunjukkan pada *edible film* pada beberapa bagian yang belum kering.

## Elongasi

Pengaruh variasi volume CMC terhadap elongasi *edible film* disajikan pada tabel 2. Penambahan CMC pada edibel film berbasis kitosan hanya berpengaruh sedikit, tetapi dari setiap variasi memenuhi standar elongasi *edible film* dari Japanese Industrial Standard (JIS) yaitu >50%. Hal ini mungkin faktor yang menyebabkan elongasi yaitu penambahan plasticizer yang dapat meningkatkan volume *edible film*, sehingga akan membantu ruang yang lebih luas untuk meningkatkan gerakan molekul polimer.

Plasticizer dapat mengubah kekompakan pengisi, mengurangi interaksi antarmolekul, dan meningkatkan mobilitas polimer. Oleh karena itu, apabila plasticizer ditambahkan maka ikatan hidrogen akan dapat terputus. Selain itu, plasticizer dapat meningkatkan volume *edible film*, artinya bahwa ada lebih banyak ruang yang dapat digunakan molekul polimer untuk bergerak lebih bebas sehingga dapat menjadi faktor penyebab nilai elongasi *edible film* meningkat.

Plasticizer yang digunakan yaitu dengan gliserol. Edible film yang diplastisasi dengan gliserol lebih baik dalam peningkatan sifat mekanik dibandingkan dengan sorbitol [24]. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sugiharto, dkk [25] penggunaan gliserol mampu meningkatkan nilai elongasi. Penambahan plasticizer menyebabkan penuruan gaya atraktor molekul sepanjang rantai polimer sehingga dapat meningkatkan fleksibilitas.

Elongasi juga dipengaruhi dengan adanya interaksi yang terjadi antara kitosan dan CMC. Penelitian yang dilakukan oleh [17] menemukan bahwa interaksi ikatan hidrogen antara CS dan CMC secara signifikan meningkatkan sifat mekanik dari suatu film. Interaksi antara kitosan dan karboksimetil selulosa (CMC) dapat meningkatkan elongasi dan kekuatan tarik karena dapat membentuk kompleks polielektrolit melalui gaya tarik elektrostatis dan ikatan hidrogen [26]. Proses ini yang menghasilkan ikatan silang fisik. Interaksi antar molekul ini juga meningkatkan kekuatan struktur secara keseluruhan dan menurunkan kecenderungan akan terjadi pemisahan antar polimer[27]. Dengan demikian, faktor ini menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik seperti kekuatan yang lebih tinggi dan elongasi yang baik.

## Biodegradabilitas test

Analisis biodegradabilitas menunjukkan bahwa film yang dapat terurai

secara hayati yang terkubur dalam tanah dapat terdegradasi sepenuhnya setelah 2 hari penguburan. Film biodegradable yang terbuat dari kitosan-cmc sebagai situs aktif yang fleksibel dapat mengalami degradasi dengan kecepatan tinggi karena *edible film* yang dihasilkan lembab sehingga mudah untuk menyerap air.

Film biodegradable memiliki sifat yang mudah terurai secara hayati atau terdegradasi oleh tanah dibandingkan dengan plastik sintesis. Film yang dapat terurai secara hayati dengan mengurangi panjang rantai polimer melalui oksidasi, yang dapat diakses oleh mikroba.

Ketiga variasi penambahan CMC pada bioplastik berdasar kitosan memiliki waktu degradasi yang sama yaitu 2 hari. Kelajuan waktu degradasi yang cepat dapat disebabkan karena tanah yang digunakan sebagai media penguburan cukup lembap, sehingga terjadi proses penyerapan air dari tanah ke bioplastik. Hal ini dikarenakan CMC memiliki sifat hidrofilik, yang mana kemampuan terurainya suatu plastik berkaitan dengan kemampuan menyerap air. Semakin suatu materi mengandung banyak air maka akan semakin mudah material tersebut terdegradasi. Air ialah media bagi sebagian besar bakteri dan mikroba terutama yang berada di tanah [28]. Oleh karena itu, kandungan air dapat mengakibatkan plastik menjadi lebih mudah tergradasi.



Gambar 2. Edible Film Kitosan-CMC

Sifat hidrofilik suatu bahan menunjukkan bahwa bahan yang suka air atau mudah larut

dalam air, sedangkan sifat hidrofobik adalah sifat bahan yang menolak air atau tidak larut dalam air. Bahan yang memiliki sifat hidrofilik maka akan semakin mudah larut dalam air atau kelarutannya tinggi dibandingkan bahan yang memiliki sifat hidrofobik yang memiliki kelarutan yang rendah karena tidak suka air [29]. Parameter kelarutan ini digunakan untuk menentukan kemampuan *edible film* terdegradasi dalam air maupun di tanah. Semakin tinggi nilai kelarutan film maka akan terdegradasi secara cepat karena sifat hidrofiliknya. Akan tetapi, bahan yang memiliki nilai kelarutan yang tinggi, maka akan mengurangi kualitas ketahanan *edible film* terhadap air [30].

### Sifat mekanik *edible film*

Sifat mekanik *edible film* dapat dilihat dari parameter ketebalan, kuat tarik dan elongasi. Adapun dari hasil penelitian menunjukkan bahwa edible film yang terbaik yaitu perbandingan volume kitosan dan CMC dalam pembuatan *edible film* yang terbaik yaitu pada perbandingan 1:0,2 dengan ketebalan film sebesar 0,1025 mm, kuat tarik 4,5787 M

Pa, elongasi 136,7478% yang memenuhi standar *Japanese Industrial Standard* (JIS). Akan tetapi masih jauh apabila dikatakan edible film yang baik. Salah satu kriteria yaitu pada kekuatan tarik sebagai penentu kekuatan edible film terhadap kekuatan eksternal yang memungkinkan dapat menjadi faktor yang merusak material [31]. Kekuatan tarik akan semakin baik dengan rasio penambahan volume CMC yang semakin besar terlihat pada tabel 2. Hal ini terjadi karena terbentuknya interaksi antara kitosan dengan rantai polimer selulosa dan suatu bentuk ikatan hidrogen yang mana rantai polimer dapat meningkatkan kecepatan viskoelastis pada polimer sehingga dapat dapat meningkatkan mobilitas rantai polimer [32]. Peningkatan mobilitas rantai polimer ini dapat menjadi faktor nilai kuat tarik

meningkat[32]. Peningkatan ini akan terus menerus terjadi selama interaksi rantai polimer berlaku masih terbentuk.

Adapun elongasi semakin lebih baik sebagai sifat mekanis dari edible film jika dilihat dari *Japanese Industrial Standard* (JIS). Penambahan rasio volume CMC meningkatkan elongasi dari edible film. Salah satu yang menjadi faktor penyebab adalah penggunaan plasticizer dapat mengubah kekompakan pengisi, mengurangi interaksi antarmolekul, dan meningkatkan mobilitas polimer. Dilihat karakteristik fisik, edible film dengan plasticizer sorbitol lebih baik dibandingkan dengan plasticizer gliserol [33] dapat membuat film lebih baik dengan konsentrasi larutan yang sesuai.

## KESIMPULAN

Perbandingan volume kitosan dan CMC dalam pembuatan *edible film* yang terbaik yaitu pada perbandingan 1:0,2 dengan ketebalan film sebesar 0,1025 mm, kuat tarik 4,5787 MPa , elongasi 136,7478% yang memenuhi standar Japanese Industrial Standard (JIS) dan mudah terdegradasi di dalam tanah. Karakteristik sifat mekanik edible film berbasis kitosan dan CMC termasuk ketebalan film, kuat tarik, elongasi meningkat lebih baik dengan seiring bertambahnya variasi volume dari CMC. Edible film berbasis kitosan dan CMC menunjukkan sifat mekanis yang baik dan dapat disarankan untuk aplikasi dalam industri makana sebagai kemasan makanan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. T. Dang *et al.*, “Current application of algae derivatives for bioplastic production: A review,” 2022. doi: 10.1016/j.biortech.2022.126698.
- [2] V. Dogra, D. Verma, and E. Fortunati, “Biopolymers and nanomaterials in food packaging and applications,” in *Nanotechnology-Based Sustainable Alternatives for the Management of Plant Diseases*, 2021. doi: 10.1016/B978-0-12-823394-8.00011-1.
- [3] L. N. Putranti and P. S. Nugraheni, “Effect of carboxymethyl cellulose addition on the characteristic of chitosan-based bioplastic,” *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, 2023.
- [4] P. Wen, Y. Wen, M. H. Zong, R. J. Linhardt, and H. Wu, “Encapsulation of Bioactive Compound in Electrospun Fibers and Its Potential Application,” 2017. doi: 10.1021/acs.jafc.7b02956.
- [5] S. Jiang, C. Qiao, R. Liu, Q. Liu, J. Xu, and J. Yao, “Structure and properties of citric acid cross-linked chitosan/poly(vinyl alcohol) composite films for food packaging applications,” *Carbohydr Polym*, vol. 312, 2023, doi: 10.1016/j.carbpol.2023.120842.
- [6] F. Wawan Trisnadi Putra, Kuntang Winangun, “Analisa Kekuatan Tarik Seng Galvanis Terhadap Beban Yang Di Berikan,” *Jtm*, vol. 5, no. 1, 2019.
- [7] W. Setiani, T. Sudiarti, and L. Rahmidar, “Preparasi Dan Karakterisasi Edible Film Dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan,” *Jurnal Kimia VALENSI*, vol. 3, no. 2, 2013, doi: 10.15408/jkv.v3i2.506.
- [8] E. Tavassoli-Kafrani, H. Shekarchizadeh, and M. Masoudpour-Behabadi,

- "Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans," 2016. doi: 10.1016/j.carbpol.2015.10.074.
- [9] M. Syuhada, S. A. Sofa, and E. Sedyadi, "The Effect of Cassava Peel Starch Addition to Bioplastic Biodegradation Based On Chitosan On Soil and River Water Media," *Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry*, vol. 9, no. 1, 2020, doi: 10.14421/biomedich.2020.91.7-13.
- [10] M. S. Rahman *et al.*, "Recent developments of carboxymethyl cellulose," 2021. doi: 10.3390/polym13081345.
- [11] Y. Jing *et al.*, "Impact of extrusion on physical characteristics , composition , and radical scavenging activity of pecan nut shell ( *Carya illinoinensis* )," *Food Chem*, 2019.
- [12] H. Chen *et al.*, "Development of chitosan-carboxymethyl cellulose edible films loaded with blackberry anthocyanins and tea polyphenols and their application in beef preservation," *Food Hydrocoll*, vol. 164, p. 111198, Jul. 2025, doi: 10.1016/J.FOODHYD.2025.111198.
- [13] S. Revathi *et al.*, "Sustainable heavy metal (Cr(VI) ion) remediation: Ternary blend approach with chitosan, carboxymethyl cellulose, and bioactive glass," *Int J Biol Macromol*, vol. 278, p. 134769, Oct. 2024, doi: 10.1016/J.IJBIOMAC.2024.134769.
- [14] M. Matinfar, A. S. Mesgar, and Z. Mohammadi, "Evaluation of physicochemical, mechanical and biological properties of chitosan/carboxymethyl cellulose reinforced with multiphasic calcium phosphate whisker-like fibers for bone tissue engineering," *Materials Science and Engineering: C*, vol. 100, pp. 341–353, Jul. 2019, doi: 10.1016/J.MSEC.2019.03.015.
- [15] J. Zeng, X. Ren, S. Zhu, and Y. Gao, "Cellulose nanocrystals from pomegranate peel: isolation, characterization, and its reinforcement for chitosan film," *J Mater Sci*, vol. 57, no. 24, 2022, doi: 10.1007/s10853-022-07255-z.
- [16] J. Duan, X. Liang, Y. Cao, S. Wang, and L. Zhang, "High strength chitosan hydrogels with biocompatibility via new avenue based on constructing nanofibrous architecture," *Macromolecules*, vol. 48, no. 8, 2015, doi: 10.1021/acs.macromol.5b00117.
- [17] C. Chen *et al.*, "Enhanced fresh walnut preservation using chitosan films reinforced with cinnamon essential oil and bacterial cellulose pickering emulsion," *Food Hydrocoll*, vol. 165, p. 111267, Aug. 2025, doi: 10.1016/J.FOODHYD.2025.111267.
- [18] W. S. Subowo and S. Pujiastuti, "Plastik yang terdegradasi secara alami (biodegradable) terbuat dari LDPE dan pati jagung terlapis," in

- Pusat Penelitian Informatika-LIPI, Bandung, , 2003.
- [19] S. Harumarani, W. ruf, and R. Romadhon, "Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Gliserol Pada Karakteristik Edible Film Komposit Semirefined Karagenan Eucheuma Cottoni Dan Beeswax," *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [20] S. DP, "Pemanfaatan kulit udang dan cangkang kepiting sebagai bahan baku kitosan," *Journal Universitas Borneo Tarakan*, 2015.
- [21] P. Hutabalian, B. A. Harsujowono, and A. Hartati, "Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Filler terhadap Karakteristik Bioplastik dari Tepung Maizena," *JURNAL REKAYASA DAN MANAJEMEN AGROINDUSTRI*, vol. 8, no. 4, 2020, doi: 10.24843/jrma.2020.v08.i04.p11.
- [22] M. D. Y. Putri, Z. A. Fradela, and B. Wahyudi, "Preparasi dan karakterisasi edible film dari pati talas kimpul dan kitosan," in *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi*, 2021.
- [23] R. Krisnadi, Y. Handarni, and K. Udyani, "Pengaruh Jenis Plasticizer Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Bekatul Padi," *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII*, no. 100, 2019.
- [24] L. Ballesteros-Mártinez, C. Pérez-Cervera, and R. Andrade-Pizarro, "Effect of glycerol and sorbitol concentrations on mechanical, optical, and barrier properties of sweet potato starch film," *NFS Journal*, vol. 20, pp. 1–9, Aug. 2020, doi: 10.1016/J.NFS.2020.06.002.
- [25] A. Sugiharto, A. Syarifa, N. Handayani, and R. Mahendra, "Effect of Chitosan, Clay, and CMC on Physicochemical Properties of Bioplastic from Banana Corm with Glycerol.," *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, vol. 10, no. 1, 2021, doi: 10.15294/jbat.v10i1.25323.
- [26] C. López-Manzanara Pérez *et al.*, "Development of Chitosan/Sodium Carboxymethylcellulose Complexes to Improve the Simvastatin Release Rate: Polymer/Polymer and Drug/Polymer Interactions' Effects on Kinetic Models," *Polymers (Basel)*, vol. 15, no. 20, 2023, doi: 10.3390/polym15204184.
- [27] S. Sabzevari, H. Farrokhzad, and A. Poorkhalil, "Synthesis and characterization of a hydrogel film based on chitosan/carboxymethyl cellulose for food packaging applications," *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, vol. 11, p. 100983, Sep. 2025, doi: 10.1016/J.CARPTA.2025.100983.
- [28] J. Aditia and A. Putra, "Pengaruh Penambahan Carboxymethyl Cellulose (CMC) Terhadap Sifat Mekanik Dan Biodegradasi Plastik Biodegradable Berbasis Selulosa Bakteri –Polietilen Glikol (PEG) Dari Air Kelapa (Cocos nucifera),"

- Periodic*, vol. 12, no. 2, 2023, doi: 10.24036/periodic.v12i2.118009.
- [29] M. Nishiyama, “Biodegradable Plastics Derived from Cellulose and Chitosan,” *JAPAN TAPPI JOURNAL*, vol. 49, no. 4, 1995, doi: 10.2524/jtappij.49.671.
- [30] Krisna D, “Pengaruh Regelatinisasi dan Modifikasi Hidrotermal terhadap Sifat Fisik pada Pembuatan Edible Film dari Pati Kacang Merah,” Universitas Diponegoro, 2011.
- [31] R. F. Santana *et al.*, “Characterization of starch-based bioplastics from jackfruit seed plasticized with glycerol,” *J Food Sci Technol*, vol. 55, no. 1, 2018, doi: 10.1007/s13197-017-2936-6.
- [32] R. Pratiwi, D. Rahayu, and M. I. Barliana, “Pemanfaatan Selulosa Dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Bahan Bioplastik,” *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, vol. 3, no. 3, 2016, doi: 10.15416/ijpst.v3i3.9406.
- [33] F. H. Saleh, A. Y. Nugroho, and M. R. Juliantama, “PEMBUATAN EDIBLE FILM DARI PATI SINGKONG SEBAGAI PENGEMAS MAKANAN,” *Teknoin*, vol. 23, no. 1, 2017, doi: 10.20885/teknoin.vol23.iss1.art5.

