

KARAKTERISTIK EDIBLE FILM KOMPOSIT ALGINAT-MONTMORILLONIT

Oleh

Amelya Setyawati¹, Giyatmi², Hari Eko Irianto³, Dina Fransiska⁴

¹Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Asa Indonesia

Jakarta, 15419

²Universitas Sahid Jakarta

Jakarta, 12870

^{3,4}Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk BRIN

Bogor, 16911

E-mail: ¹amelya@asaindo.co.id

Article History:

Received: 23-01-2026

Revised: 14-02-2026

Accepted: 26-02-2026

Keywords:

Characteristics,
Edible Film, Alginate,
Composite, And
Montmorillonite.

Abstract: *Alginate is the product of processing seaweed Sargassum sp. Alginate can be used as basic material in making edible film. The aim of the research is to find the effect of alginate and montmorillonite concentration to the characteristics of edible film (the moisture content, solubility, thickness, tensile strength, elongation, water vapor transmission rate, opacity measurement, and color). This study used a completely randomized design (CRD) pattern factorials by a Factor of A is the level alginate (1,00%; 1,25%; and 1,50%) and Factors B is the level montmorillonite (0,50%; 1,00%; and 1,50%) with 3 repetitions. The measured parameters were the moisture content, solubility, thickness, tensile strength, elongation, water vapor transmission rate, opacity measurement, and color. Based on the study on the characteristics of alginate-montmorillonite composite edible film it can be concluded that the best product based on chemical and mechanical test results is edible film made with 1.50% alginate concentration with 1.00% montmorillonite concentration resulting in a moisture content of 18.76%, solubility of 100%, thickness of 0.0368 mm, tensile strength of 32.27 MPa, percent of elongation of 47.66%, water vapor transmission rate of 12,04 g/m²/hours, opacity measurement of 3.23 YC / 2, L color test of 91.25, color test a equals -1.05, and color test b is 4.47. The montmorillonite concentration had no effect ($P \geq 0.05$) on the solubility value, and color test a is (greenness), but it had a very significant effect ($P \leq 0.01$) on the value of thickness, percent elongation, water vapor transmission rate, and opacity value*

PENDAHULUAN

Penggunaan plastik sintetis sebagai bahan kemasan pangan menimbulkan permasalahan lingkungan karena sulit terdegradasi secara alami. Kondisi ini mendorong pengembangan kemasan ramah lingkungan berbasis biopolimer yang bersifat biodegradable dan aman untuk pangan. Salah satu alternatif yang berkembang adalah edible film, yaitu

lapisan tipis yang dapat dimakan dan berfungsi sebagai penghalang terhadap perpindahan massa seperti uap air, oksigen, lipid, dan zat terlarut.

Pengembangan edible film berbasis biopolimer menjadi alternatif kemasan ramah lingkungan yang terus berkembang dalam lima tahun terakhir. Film berbasis alginat dikenal memiliki kemampuan membentuk film yang baik, namun memiliki kelemahan pada sifat mekanik dan barrier terhadap uap air (Kumar & Sahoo, 2022). Penambahan nanoclay seperti montmorillonit dilaporkan mampu meningkatkan kuat tarik dan menurunkan permeabilitas melalui mekanisme tortuous path (Li et al., 2023; Zhang et al., 2024). Struktur berlapis montmorillonit memungkinkan terbentuknya jaringan komposit yang lebih padat sehingga memperbaiki transfer tegangan pada matriks polimer (Hosseini et al., 2021).

Alginat merupakan polisakarida alami yang diperoleh dari rumput laut cokelat dan memiliki kemampuan membentuk film, tidak toksik, serta mudah terdegradasi. Selain itu, alginat memiliki sifat fungsional seperti pembentuk gel, penstabil, dan pengental yang telah banyak dimanfaatkan dalam industri pangan. Namun demikian, edible film berbasis alginat memiliki kelemahan pada sifat mekanik dan ketahanan terhadap kelembaban akibat sifatnya yang hidrofilik. Struktur film yang terbentuk cenderung kurang kuat dan mudah menyerap air sehingga membatasi aplikasinya sebagai bahan kemasan.

Salah satu pendekatan untuk memperbaiki karakteristik film biopolimer adalah melalui pembentukan komposit dengan penambahan filler anorganik. Montmorillonit merupakan mineral lempung berstruktur berlapis yang memiliki kemampuan mengembang, kapasitas pertukaran kation tinggi, serta luas permukaan besar. Dalam sistem nanokomposit, montmorillonit dapat meningkatkan kekuatan mekanik dan menurunkan permeabilitas uap air melalui pembentukan jalur difusi berliku (tortuous path). Interaksi antara matriks polimer dan partikel montmorillonit berpotensi menghasilkan struktur komposit yang lebih kompak dan stabil.

Berdasarkan potensi tersebut, diperlukan kajian mengenai pengaruh variasi konsentrasi alginat dan montmorillonit terhadap karakteristik edible film komposit yang dihasilkan. Penelitian ini penting untuk memperoleh formulasi optimum yang mampu menghasilkan keseimbangan antara kekuatan mekanik, fleksibilitas, dan sifat barrier, sehingga dapat dikembangkan sebagai alternatif kemasan biodegradable yang aplikatif dalam industri pangan.

METODE PENELITIAN

A. Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel terkontrol.

Berikut uraian mengenai masing-masing variabel:

a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang akan mempengaruhi respon yang dihasilkan. Variabel bebas dalam penelitian ini terdiri dari dua faktor yaitu konsentrasi alginat dengan beberapa taraf konsentrasi yang berbeda yaitu 1,00%; 1,25%; dan 1,50%, sedangkan montmorillonit 0,50%; 1,00%; dan 1,50%.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah karakterisasi *edible film* alginat-montmorillonit. Karakterisasi *edible film* meliputi nilai kadar air, kelarutan, ketebalan, kuat

tarik, persen pemanjangan, *water vapour transmision rate* (WVTR), *opacity measurement*, dan uji warna.

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap penelitian pendahuluan dan tahap penelitian utama. Hasil penelitian pendahuluan digunakan sebagai acuan dalam penelitian utama.

1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk menguji bahan baku dan mempelajari pembuatan *edible film* dari alginat dan montmorillonit agar dapat mengetahui rentang formulasi yang tepat.

a. Pengujian Bahan Baku

Bahan baku yang akan digunakan adalah alginat dan montmorillonit. Parameter yang diujikan adalah uji kimia dan uji fisika. Uji kimia meliputi kadar air dan kadar abu, sedangkan uji fisika meliputi nilai viskositas. Hasil analisis uji kimia dan fisika dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis uji kimia dan fisika bahan baku

Sumber	Parameter	Alginat	Montmorillonit
Hasil Analisis Uji	Kadar Air (%)	12,57±0,09	9,56±0,06
	Kadar Abu (%)	22,42±0,31	89,42±0,04
	Viskositas (cPs)	35,00±3,54	
Spesifikasi Menurut FCC, 2003	Kadar Air (%)	<15	
Spesifikasi Mutu Industri Pangan (JECFA, 2006)	Viskositas (cPs)	10-5000	

Berdasarkan Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa hasil analisis uji kimia dan fisik bahan baku alginat masuk dalam spesifikasi standar mutu menurut *Food Chemical Codex* (FCC) (2003) dan *Joint Expert Committee on Food Additives* (JECFA) (2006), sehingga bahan baku alginat dapat digunakan untuk pembuatan *edible film*.

b. Formulasi dan Cara Pembuatan *Edible film*

Anward *et al.*, (2013) membuat *edible film* dengan bahan-bahan yang terdiri dari alginat, kitosan, gliserol, CaCl₂, asam asetat, natrium hidroksida, dan akuades. Proses pembuatan *edible film* dilakukan dengan pencampuran, pencetakan, pengeringan, perendaman, pengeringan, pengelupasan, dan penyimpanan. Hidayati dan Nugraha (2014) membuat *edible film* dengan bahan-bahan yang terdiri dari gelatin ceker ayam, montmorillonit, akuades, dan gliserol. Proses pembuatan *edible film* dilakukan dengan pemurnian bentonit alam dengan metode *siphoning*, preparasi sampel kaki ayam, ekstraksi gelatin, penguapan gelatin, pencampuran, dispersi montmorillonit, pencampuran larutan, pencetakan, pengeringan, pengelupasan, penyimpanan, dan pengujian. Selain itu, Ulfah dan Nugraha (2014) membuat *edible film* dengan bahan-bahan karaginan, montmorillonit, gliserol, dan akuades. Proses pembuatan *edible film* dilakukan dengan preparasi montmorillonit dengan metode *siphoning*, pencampuran, dispersi montmorillonit, pencampuran, pencetakan, pengeringan, pengelupasan, dan penyimpanan.

Pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan rentang konsentrasi alginat 0,5-6,0% dengan penambahan akuades hingga 100 ml menggunakan metode gabungan dari Anward

et al. (2013), Hidayati dan Nugraha (2014), dan Ulfah dan Nugraha (2014) untuk mencari rentang konsentrasi alginat terbaik yang akan digunakan pada penelitian utama. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa formulasi alginat terbaik pada konsentrasi 1% dengan konsentrasi gliserol 1%. Formulasi alginat terbaik yang digunakan pada penelitian ini berada pada rentang konsentrasi alginat 1,00%; 1,25%; dan 1,50% dengan konsentrasi gliserol yang digunakan sebesar 1%.

Tabel 2. Hasil percobaan formulasi alginat dan pembuatan *edible film*

Formulasi Montmorillonit	Hasil
0%	-
1%	Montmorillonit terdispersi sempurna
2%	Montmorillonit teraglomerasi sebagian, agak sulit digunakan
3%	65% montmorillonit teraglomerasi, sulit digunakan
4%	85% montmorillonit teraglomerasi, sangat sulit digunakan
5%	Montmorillonit teraglomerasi semua, sehingga tidak dapat digunakan

Pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan rentang konsentrasi montmorillonit 0-5,0% dengan penambahan akuades hingga 20 ml menggunakan metode gabungan dari Hidayati dan Nugraha (2014), dan Ulfah dan Nugraha (2014) untuk mencari rentang konsentrasi montmorillonit terbaik yang akan digunakan pada penelitian utama.

Tabel 1. Hasil percobaan dispersi montmorillonit

Formulasi Alginat	Formulasi Gliserol	Hasil
0,5%	1%	Terlalu cair
0,75%	1%	Cair
1%	1%	Terbentuk larutan kental yang baik
2%	1%	Menggumpal
3%	1%	Agak sulit diaduk dengan <i>magnetik stirrer</i> (agak kental)
4%	1%	Sulit diaduk dengan <i>magnetik stirrer</i> (kental)
5%	1%	Sangat sulit diaduk dengan <i>magnetik stirrer</i> (sangat kental)
6%	1%	Tidak dapat diaduk dengan <i>magnetik stirrer</i> (sangat amat kental)

Berdasarkan hasil dispersi montmorillonit pada Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa formulasi montmorillonit terbaik pada konsentrasi 1% dengan konsentrasi akuades 20%. Formulasi montmorillonit terbaik yang digunakan pada penelitian ini berada pada rentang konsentrasi montmorillonit 0,50%; 1,00%; dan 1,50% dengan konsentrasi akuades yang digunakan sebesar 20%.

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa formulasi terbaik yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah rentang konsentrasi alginat yang digunakan sebesar 1,00%; 1,25%; dan 1,50%. Rentang konsentrasi montmorillonit 0,50%; 1,00%; dan 1,50%. Konsentrasi gliserol 1%, dan dilarutkan dengan akuades hingga 100%.

2. Penelitian Utama

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen laboratorium. Pembuatan *edible film* alginat dilakukan dengan cara pencampuran larutan alginat, gliserol, dengan larutan montmorillonit. Campuran tersebut diaduk hingga homogen, selanjutnya dilakukan pencetakan pada *casting plate* dengan metode *casting*. *Casting plate* dimasukkan ke dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam hingga kering. Setelah kering, *edible film* dilepaskan dari *casting plate*, selanjutnya kajian fisik dan mekaniknya, yang meliputi : nilai kadar air, kelarutan, ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, *water vapour transmission rate* (WVTR), *opacity measurement*, dan uji warna. Rancangan perlakuan pada penelitian ini terdiri dari dua faktor yaitu konsentrasi alginat (A) yang terdiri dari 3 taraf dan konsentrasi montmorillonit (B) yang terdiri dari 3 taraf:

- a) Faktor pertama : konsentrasi alginat (A)
 - A1 = Konsentrasi alginat 1,00%
 - A2 = Konsentrasi alginat 1,25%
 - A3 = Konsentrasi alginat 1,50%
- b) Faktor kedua : konsentrasi montmorillonit (B)
 - B1 = Konsentrasi montmorillonit 0,50%
 - B2 = Konsentrasi montmorillonit 1,00%
 - B3 = Konsentrasi montmorillonit 1,50%

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial 2 faktor yang terdiri atas masing-masing 3 perlakuan dan 3 ulangan, sehingga total keseluruhan unit percobaan adalah 27 unit percobaan. Rancangan percobaan dari pengaruh konsentrasi alginat dan montmorillonit terhadap karakteristik *edible film* komposit alginat, gliserol, dan montmorillonit dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Model Rancangan Percobaan Faktorial 3 x 3 dengan RAL (3 kali ulangan)

Konsent rasi Alginat (A)	Konsentrasi Montmorillonit (B)		
	0,50%	1,00%	1,50 %
1,00%	A1B1 ₁	A1B2 ₁	A1B3 ₁
	A1B1 ₂	A1B2 ₂	A1B3 ₂
	A1B1 ₃	A1B2 ₃	A1B3 ₃
1,25%	A2B1 ₁	A2B2 ₁	A2B3 ₁
	A2B1 ₂	A2B2 ₂	A2B3 ₂
	A2B1 ₃	A2B2 ₃	A2B3 ₃
1,50%	A3B1 ₁	A3B2 ₁	A3B3 ₁
	A3B1 ₂	A3B2 ₂	A3B3 ₂
	A3B1 ₃	A3B2 ₃	A3B3 ₃

Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data menjelaskan jenis data yang dikumpulkan dan cara mengumpulkannya. Data yang diteliti berupa data mutu kimia dan fisika, yaitu meliputi nilai kadar air, kelarutan, ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, *water vapour transmission*

rate (WVTR), *opacity measurement* (pengukuran sifat tak tembus cahaya), dan uji warna. eralatan, bahan, prosedur pembuatan serta teknik pengujian *edible film* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Peralatan

Peralatan yang digunakan di dalam pelaksanaan penelitian ini dipilih yang kondisinya baik, bersih dan kering sehingga siap untuk digunakan. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan *edible film* komposit alginat, gliserol, dengan montmorillonit, yaitu *hotplate stirrer*, gelas piala, gelas ukur, *magnetic stirrer*, spatula, termometer, oven, neraca analitik, sonikator, botol semprot, dan kaca ukuran 17 x 17 cm². Peralatan yang digunakan untuk analisis karakteristik *edible film* komposit alginat, gliserol, dengan montmorillonit meliputi : cawan porselen, oven, neraca analitik, dan desikator.

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan *edible film* komposit alginat - montmorillonit adalah alginat yang dikestraksi dari rumput laut *Sargassum filipendula* dengan menggunakan metode ekstraksi Murdinah *et al.* (2005), montmorillonit, gliserol, dan akuades. Bahan-bahan yang digunakan dalam analisis karakteristik *edible film* komposit alginat, gliserol, dan montmorillonit yaitu alginat, montmorillonit, KBr, etanol 96%, KCl, dan akuades.

3. Pembuatan *Edible Film* Komposit Alginat, Gliserol, dan Montmorillonit

Proses pembuatan *edible film* dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu preparasi bahan baku alginat, pencampuran I, preparasi montmorillonit, dispersi montmorillonit, pencampuran II, pencetakan, pengeringan, pengelupasan, dan penyimpanan. Proses pembuatan *edible film* dilakukan dengan formulasi alginat (1,00% ; 1,25% ; dan 1,50%) dan montmorillonit (0,50% ; 1,00% ; dan 1,50%). Adapun alur proses pembuatan *edible film* dari alginat dan montmorillonit yang telah dimodifikasi adalah sebagai berikut.

a. Preparasi Alginat

Alginat dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105 °C selama 24 jam untuk mengurangi nilai kadar airnya.

b. Pencampuran I

Proses pencampuran pada proses pembuatan *edible film* dilakukan dengan cara menimbang sejumlah akuades ke dalam gelas piala dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan di atas *hotplate*. Alginat dimasukkan secara perlahan sampai alginat larut. Setelah alginat larut, larutan dipanaskan hingga mencapai suhu 85 °C kemudian ditambahkan *plasticizer* gliserol dengan terus diaduk dan dipanaskan selama 30 menit. Terbentuklah larutan alginat-gliserol.

c. Preparasi Montmorillonit

Lempung montmorillonit disaring menggunakan ayakan dengan ukuran pori 160 mesh. Setelah disaring, lempung montmorillonit dimasukkan ke dalam gelas kimia dan ditambahkan akuades (montmorillonit : akuades = 1 : 20 b/v). upernatan yang diperoleh disimpan selama 24 jam, lalu dipisahkan lagi dari endapannya.

d. Dispersi Montmorillonit

Montmorillonit dengan masing-masing konsentrasi 0,50%; 1,00% ; dan 1,50% (b/b) didispersikan ke dalam 20 ml akuades. Suspensi diaduk menggunakan sonikator selama 30 menit (20 kHz).

- e. Pencampuran II
Suspensi montmorillonit ditambahkan ke dalam larutan alginat-gliserol. Campuran diaduk menggunakan sonikator (20 kHz) selama 10 menit pada suhu 85 °C, sehingga terbentuk larutan *film*.
- f. Pencetakan
Larutan *film* yang sudah dibuat kemudian dituangkan ke dalam cetakan kaca ukuran 20 x 20 cm².
- g. Pengeringan
Film yang sudah dicetak didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam dan dikeringkan dalam oven pada suhu 40 °C selama 24 jam.
- h. Pengelupasan
Setelah kering, *film* dikelupas dari cetakan dan disimpan di dalam desikator untuk keperluan analisis.

Diagram alir proses pembuatan *edible film* dengan formulasi alginat dan montmorillonit dapat dilihat pada Gambar 1.

4. Karakterisasi *edible film* komposit alginat-montmorillonit

Karakterisasi *edible film* komposit alginat-montmorillonit dilakukan dengan beberapa parameter. Parameter tersebut meliputi: nilai kadar air, kelarutan, ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, *water vapour transmission rate* (WVTR), *opacity measurement*, dan uji warna.

a. Pengujian Mutu *Edible Film*

Pengujian mutu *edible film* meliputi kadar air, kelarutan, ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, *water vapour transmission rate* (WVTR), *opacity measurement* (pengukuran sifat tak tembus cahaya), dan uji warna adalah sebagai berikut :

(1) Uji Kadar Air (SNI-01-2354.2-2015)

(2) Ketebalan

Ketebalan adalah tebalnya *edible film* yang dihasilkan setelah pengeringan. Ketebalan *film* diukur dengan mikrometer sekrup (model MDC-25M, Mitutoyo, MFG, Japan) dengan ketelitian 0,001 mm (Bourtoom, 2008). Nilai ketebalan *edible film* adalah rata-rata hasil pengukuran pada minimal lima tempat yang berbeda.

(3) Kuat Tarik (TAXT-Plus)

Kuat tarik merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai *edible film* tetap bertahan sebelum putus/sobek. Kekuatan tarik dan kemuluran *edible film* diuji dengan *Texture Analyzer* (TAXT-Plus). Alat kuat tarik menggunakan *probe* dengan *test speed* 2 mm/s. *Edible film* dipotong dengan ukuran 10 cm x 2 cm. Sampel diuji dengan menjepit sampel pada ujung atas dan bawah alat penjepit. Hasil data dan grafik yang muncul secara otomatis pada layar komputer lalu dianalisis. Puncak tertinggi pada layar monitor menunjukkan nilai kekuatan tarik dari sampel. Tingkat kuat tarik sampel dinyatakan dalam satuan g/cm².

(4) Persen Pemanjangan

Persen pemanjangan merupakan persen pertambahan panjang bahan materi *edible film* yang diukur mulai dari panjang awal pada saat mengalami penarikan hingga putus. Persen pemanjangan diukur menggunakan alat *Texture Analyzer* (TAXT-Plus). Alat kuat tarik menggunakan *probe* dengan *test speed* 2 mm/s. *Edible film* dipotong dengan ukuran panjang 10 cm dan lebar 2 cm. Hasil data dan grafik yang muncul secara otomatis pada layar

komputer lalu dianalisis. Puncak tertinggi pada layar monitor menunjukkan nilai pertambahan panjang dari sampel. Nilai pemanjangan sampel dinyatakan dalam satuan cm. Perhitungan besarnya pemanjangan menggunakan persamaan :

$$\% E = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

Keterangan :

% E = Perpanjangan (%)

ΔL = Pertambahan Panjang spesimen (cm)

L_0 = Panjang specimen mula-mula (cm)

5. Laju Transmisi Uap Air (*Water Vapor Transmission Rate/WVTR*) (ASTM, 1998)

Laju transmisi uap air merupakan jumlah air yang hilang per satuan waktu dibagi dengan luas *film* transmisi uap air diukur dengan menggunakan metode cawan berdasarkan ASTM E 96-95. Sebanyak 30 ml akuades dimasukkan ke dalam cawan petri kemudian alat dipasang dan *film* dilekatkan di atas lubang menggunakan *epoxy*. Batas ketinggian permukaan air dalam cawan dan *film* sebesar 6 mm. Cawan ditutup dan dipanaskan di dalam oven pada suhu $37 \pm 0.5^\circ\text{C}$ dan RH $20 \pm 1.5\%$ selama 24 jam dan diukur hilangnya masa air setiap jamnya. Laju transmisi uap air dihitung menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\text{Laju Transmisi Uap Air} = \frac{\text{Masa air yang hilang}}{\text{waktu} \times \text{Luas}}$$

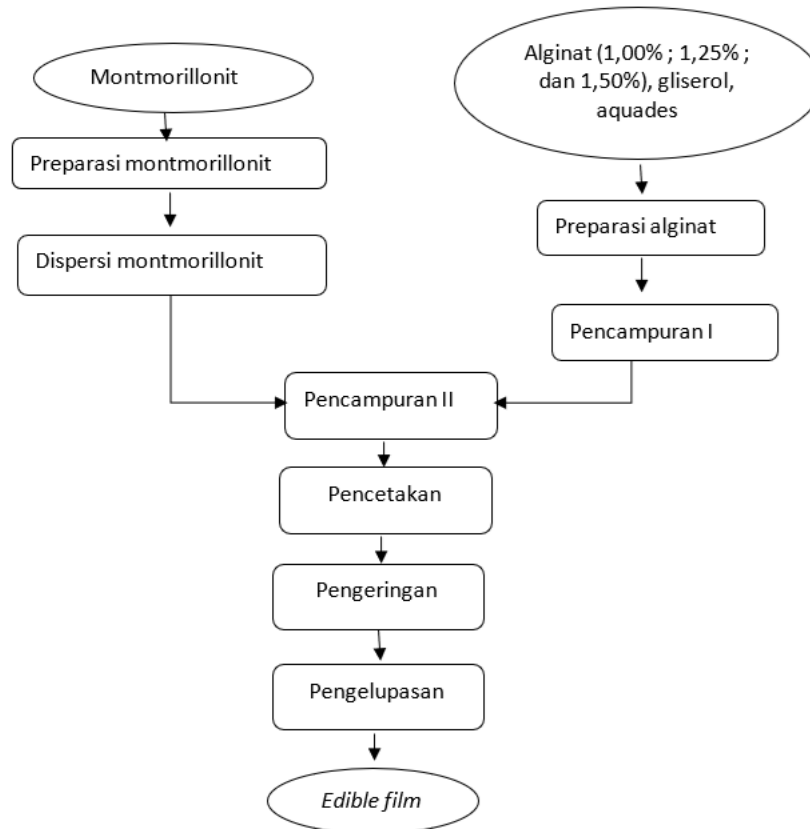
(5) *Opacity Measurement*

Opacity Measurement dari sampel *film* ini ditentukan menurut metode yang digambarkan oleh Shojaee-Aliabadi *et al* (2014) (dengan sedikit modifikasi) menggunakan alat *Chromameter Minolta* (merk *Hunter Lab*). *Chromameter Minolta* dikalibrasi dengan menggunakan warna putih dan hitam standar piring sebelum digunakan.

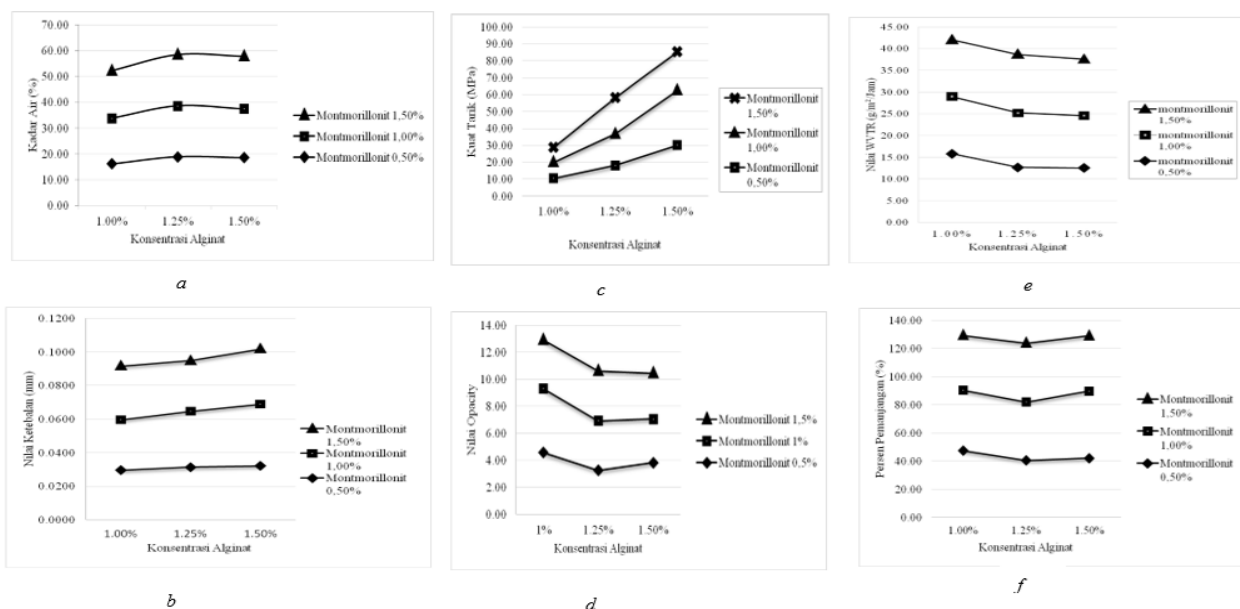
Nilai *opacity* ditentukan oleh rata-rata tiga pembacaan dari masing-masing sampel. Sifat tidak bening *film* ditentukan dengan menggunakan *Chromameter Minolta* (merk *Hunter Lab*)

(6) Uji Warna (Balqis, 2017)

Cahaya (L), kemerahan (a) dan kekuningan (b) *film* ditentukan dengan menggunakan alat *Chromameter Minolta* (merk *Hunter Lab*). *Chromameter Minolta* dikalibrasi dengan menggunakan warna putih standar piring sebelum digunakan.



Gambar 1. Skema alur pembuatan *edible film* dengan alginat dan montmorillonit yang telah dimodifikasi



Gambar 2. Hasil Pengujian Karakteristik Edible Film (a= kadar air, b= ketebalan, c= kuat tarik, d= opacity, e= Nilai WVTR, f= persen pemanjangan)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Konsentrasi Alginat terhadap Karakteristik Edible Film

Alginat merupakan matriks utama dalam pembentukan edible film komposit. Berdasarkan Gambar 2, variasi konsentrasi alginat 1,00%; 1,25%; dan 1,50% menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap parameter fisik dan mekanik film. Peningkatan konsentrasi alginat menyebabkan peningkatan ketebalan film secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah padatan terlarut dalam larutan pembentuk film sehingga densitas matriks meningkat selama proses pengeringan. Semakin tinggi total padatan, semakin banyak rantai polimer yang tersusun dan membentuk jaringan film yang lebih kompak.

Pada parameter kuat tarik, peningkatan konsentrasi alginat memberikan kecenderungan peningkatan nilai tensile strength. Fenomena ini berkaitan dengan bertambahnya jumlah ikatan hidrogen antar rantai polimer. Alginat memiliki gugus karboksilat dan hidroksil yang memungkinkan terbentuknya interaksi intermolekuler melalui ikatan hidrogen. Seiring meningkatnya konsentrasi, jarak antarrantai polimer menjadi lebih rapat sehingga gaya tarik maksimum yang mampu ditahan film meningkat.

Peningkatan kuat tarik pada konsentrasi alginat 1,50% dan montmorillonit 1,00% sejalan dengan penelitian Li et al. (2023) yang melaporkan bahwa dispersi montmorillonit yang homogen dapat meningkatkan modulus elastisitas dan tensile strength secara signifikan. Interaksi antara gugus hidroksil alginat dan permukaan silikat montmorillonit membentuk ikatan hidrogen yang memperkuat struktur film (Hosseini et al., 2021).

Selain itu, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi polimer memperbesar densitas jaringan matriks sehingga meningkatkan ketahanan terhadap gaya tarik (Rhim, 2012; Wang et al., 2015).

Namun demikian, peningkatan konsentrasi alginat cenderung menurunkan persen pemanjangan (elongation at break). Struktur matriks yang semakin rapat menyebabkan mobilitas rantai polimer berkurang. Hal ini mengakibatkan film menjadi lebih kaku dan kurang fleksibel. Fenomena ini umum terjadi pada sistem biopolimer, di mana peningkatan densitas matriks meningkatkan kekuatan tetapi menurunkan elastisitas.

Berdasarkan kadar air dan kelarutan, peningkatan konsentrasi alginat cenderung meningkatkan kemampuan film menyerap air. Hal ini berkaitan dengan sifat hidrofilik alginat yang memiliki banyak gugus polar. Semakin tinggi konsentrasi alginat, semakin banyak gugus hidrofilik yang tersedia untuk berinteraksi dengan molekul air melalui ikatan hidrogen. Konsekuensinya, film menjadi lebih rentan terhadap kelembaban lingkungan.

Pada parameter laju transmisi uap air (WVTR), konsentrasi alginat yang lebih tinggi tidak selalu memberikan penurunan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun matriks lebih tebal, sifat hidrofilik alginat tetap memungkinkan difusi uap air melalui mekanisme sorpsi dan difusi. Sehingga, peningkatan konsentrasi alginat saja belum cukup untuk meningkatkan sifat barrier secara optimal. Penurunan laju transmisi uap air pada beberapa perlakuan menunjukkan peran montmorillonit sebagai penghambat difusi uap air. Struktur nanokomposit menciptakan jalur difusi berliku yang memperpanjang lintasan migrasi molekul air (Azeredo, 2009; Sorrentino et al., 2007). Temuan ini konsisten dengan laporan Zhang et al. (2024) yang menyatakan bahwa bio-nanocomposite berbasis clay mampu menurunkan permeabilitas hingga 20–40% dibanding film tanpa filler.

Namun demikian, sifat hidrofilik alginat dan keberadaan plasticizer tetap

menyebabkan nilai WVTR relatif tinggi dibanding film sintetik (Tharanathan, 2003; Kumar & Sahoo, 2022).

2. Pengaruh Konsentrasi Montmorillonit terhadap Sifat Mekanik dan Barrier

Montmorillonit berperan sebagai filler anorganik yang memperkuat matriks polimer melalui mekanisme penguatan partikel dan pembentukan struktur nanokomposit. Variasi konsentrasi 0,50%; 1,00%; dan 1,50% menunjukkan perubahan signifikan pada sifat mekanik dan barrier film.

Peningkatan konsentrasi montmorillonit terbukti meningkatkan kuat tarik film. Hal ini terjadi karena partikel montmorillonit yang terdispersi dalam matriks alginat mampu bertindak sebagai titik penguat (reinforcement points). Struktur berlapis montmorillonit menciptakan jalur distribusi tegangan yang lebih merata ketika film dikenai gaya tarik. Selain itu, interaksi antara gugus hidroksil alginat dengan ion Na^+ pada montmorillonit memperkuat adhesi antarfasa.

Pada konsentrasi tertentu, montmorillonit mampu membentuk struktur interkalasi atau eksfoliasi dalam matriks alginat. Struktur eksfoliasi memberikan luas permukaan interaksi yang lebih besar sehingga meningkatkan efektivitas penguatan. Namun pada konsentrasi yang terlalu tinggi, kemungkinan terjadinya aglomerasi partikel meningkat. Aglomerasi ini justru dapat menurunkan homogenitas film dan menyebabkan titik lemah struktural.

Persen pemanjangan menunjukkan tren penurunan seiring meningkatnya konsentrasi montmorillonit. Hal ini disebabkan oleh peningkatan kekakuan matriks akibat keberadaan partikel anorganik yang membatasi pergerakan rantai polimer. Film menjadi lebih rigid dan kurang elastis.

Pengaruh paling signifikan dari montmorillonit terlihat pada penurunan WVTR. Struktur berlapis montmorillonit menciptakan jalur difusi yang lebih panjang dan berliku bagi molekul uap air, yang dikenal sebagai tortuous path mechanism. Molekul air harus melewati hambatan fisik berupa platelet montmorillonit sehingga permeabilitas uap air menurun. Dengan demikian, montmorillonit efektif meningkatkan sifat barrier terhadap kelembaban.

Berdasarkan nilai opasitas, peningkatan konsentrasi montmorillonit cenderung meningkatkan nilai opasitas film. Hal ini berkaitan dengan sifat partikel anorganik yang menyebarkan cahaya. Film menjadi kurang transparan, yang dalam beberapa aplikasi dapat menjadi keuntungan, misalnya untuk melindungi produk dari degradasi akibat cahaya. Perubahan opacity dipengaruhi oleh distribusi partikel montmorillonit dalam matriks film. Aglomerasi partikel dapat meningkatkan hamburan cahaya dan menurunkan transparansi (Rhim & Wang, 2013). Penelitian Alizadeh-Sani et al. (2020) juga menjelaskan bahwa modifikasi struktur film berbasis biopolimer dapat memengaruhi sifat optik akibat perubahan mikrostruktur.

3. Interaksi Alginat dan Montmorillonit dalam Sistem Komposit

Interaksi antara konsentrasi alginat dan montmorillonit menunjukkan pengaruh sinergis terhadap sifat film. Pada kombinasi konsentrasi menengah, terjadi keseimbangan antara kekuatan mekanik dan fleksibilitas. Matriks alginat yang cukup padat memungkinkan distribusi montmorillonit yang lebih merata, sehingga meningkatkan efektivitas penguatan tanpa menyebabkan kerapuhan berlebih.

Struktur komposit yang terbentuk sangat bergantung pada rasio polimer terhadap filler. Pada konsentrasi alginat rendah dan montmorillonit tinggi, kecenderungan aglomerasi meningkat karena matriks tidak cukup untuk mengenkapsulasi partikel filler secara optimal. Sebaliknya, pada konsentrasi alginat tinggi dengan montmorillonit moderat, terbentuk struktur komposit yang lebih homogen.

Secara molekuler, interaksi terjadi melalui ikatan hidrogen dan interaksi elektrostatik antara gugus karboksilat alginat dan ion yang terdapat pada montmorillonit. Interaksi ini memperkuat adhesi antarfasa dan meningkatkan integritas struktural film.

4. Evaluasi terhadap Standar Edible Film

Berdasarkan parameter yang diuji, karakteristik film yang dihasilkan berada dalam rentang yang mendekati standar internasional untuk edible film, khususnya pada ketebalan dan kuat tarik. Namun fleksibilitas perlu dikontrol agar tetap berada dalam rentang yang sesuai dengan aplikasi pengemasan pangan.

Penurunan WVTR akibat penambahan montmorillonit menunjukkan potensi peningkatan umur simpan produk pangan yang sensitif terhadap kelembaban. Hal ini menjadi nilai tambah dalam pengembangan kemasan biodegradable berbasis alginat.

5. Implikasi Ilmiah dan Aplikasi

Secara ilmiah, penelitian ini memperkuat konsep bahwa sistem nanokomposit berbasis biopolimer dapat dimodifikasi melalui variasi konsentrasi matriks dan filler untuk memperoleh sifat yang diinginkan. Secara aplikatif, edible film komposit alginat-montmorillonit berpotensi digunakan sebagai: Pelapis buah dan sayuran segar, Kemasan produk kering, Lapisan penghalang pada produk semi-basah. Namun, diperlukan optimasi lanjutan terkait stabilitas penyimpanan dan uji biodegradabilitas jangka panjang untuk memastikan kesesuaian terhadap regulasi kemasan pangan ramah lingkungan. Deskripsi mutu *edible film* komposit alginat-montmorillonit yang terbaik dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Deskripsi mutu *edible film* komposit alginat-montmorillonit yang terbaik

Perlakuan		Gambar	Keterangan
Alginat	Montmorillonit		
1,50%	1,00%		Larutan <i>film</i> kental, larutan tidak bening, <i>film</i> tebal, mudah dikelupas dari cetakan, tidak lengket, dan transparan.

KESIMPULAN

Penelitian mengenai pengaruh variasi konsentrasi alginat dan montmorillonit terhadap karakteristik edible film komposit menunjukkan bahwa kedua faktor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sebagian besar parameter fisik, mekanik, dan barrier yang diuji.

Variasi konsentrasi alginat (1,00%; 1,25%; dan 1,50%) berpengaruh sangat nyata ($\alpha = 0,01$) terhadap kadar air, ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, opacity, serta parameter warna (L^* , a^* , dan b^*). Konsentrasi alginat 1,00% menghasilkan kadar air terendah, sedangkan konsentrasi 1,50% memberikan performa terbaik pada parameter ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, opacity, serta stabilitas warna.

Variasi konsentrasi montmorillonit (0,50%; 1,00%; dan 1,50%) juga berpengaruh sangat nyata ($\alpha = 0,01$) terhadap kadar air, ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, opacity, warna L^* , dan warna b^* . Konsentrasi montmorillonit 0,50% menghasilkan kadar air terbaik, sedangkan konsentrasi 1,50% cenderung memberikan peningkatan pada parameter mekanik dan optik.

Interaksi antara konsentrasi alginat dan montmorillonit menunjukkan pengaruh sangat nyata ($\alpha = 0,01$) terhadap ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, dan opacity; serta berpengaruh nyata ($\alpha = 0,05$) terhadap kadar air, kuat tarik, warna L^* , dan warna b^* . Namun, interaksi tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap kelarutan dan warna a^* .

Secara keseluruhan, formulasi terbaik diperoleh pada kombinasi alginat 1,50% dan montmorillonit 1,00%, dengan karakteristik: kadar air 18,76%, kelarutan 100%, ketebalan 0,0368 mm, kuat tarik 32,27 MPa, persen pemanjangan 47,66%, laju transmisi uap air 12,04 g/m²/jam, opacity 3,23 YC/2, nilai L^* 91,25, nilai a^* -1,05, dan nilai b^* 4,47. Formulasi ini menunjukkan keseimbangan optimal antara sifat mekanik, barrier, dan penampakan visual sehingga berpotensi dikembangkan sebagai bahan kemasan pangan biodegradable.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alizadeh-Sani, M., Tavassoli, M., McClements, D. J., & Hamishehkar, H. (2020). Multifunctional halochromic smart packaging films based on biopolymers: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 105, 93–107.
- [2] Anward, G., Hidayat, Y., & Rokhati, N. (2013). Pengaruh konsentrasi serta penambahan gliserol terhadap karakteristik film alginat dan kitosan. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(3), 51–56.
- [3] Azeredo, H. M. C. (2009). Nanocomposites for food packaging applications. *Food Research International*, 42(9), 1240–1253.
- [4] Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: Characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15(3), 237–248.
- [5] Falguera, V., et al. (2011). Edible films and coatings: Structures and trends. *Trends in Food Science & Technology*, 22, 292–303.
- [6] Gennadios, A., et al. (1994). Edible coatings and films. In *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*.
- [7] Hosseini, S. F., et al. (2021). Bio-nanocomposite films based on sodium alginate

- reinforced with nanoclay. *Food Hydrocolloids*, 113, 106467.
- [8] JECFA. (2006). Sodium alginate. FAO/WHO.
- [9] Krochta, J. M., & De Mulder-Johnston, C. (1997). Edible and biodegradable polymer films. *Food Technology*, 51(2), 61–74.
- [10] Kumar, S., & Sahoo, P. K. (2022). Recent advances in alginate-based biodegradable films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 207, 59–74.
- [11] Li, X., et al. (2023). Alginate–montmorillonite nanocomposite films. *Journal of Food Engineering*, 340, 111317.
- [12] Murdinah, M., et al. (2007). Karakteristik edible film komposit alginat. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 2(1).
- [13] Rhim, J. W. (2012). Physical and mechanical properties of alginate films. *LWT – Food Science and Technology*, 47, 132–137.
- [14] Rhim, J. W., & Wang, L. F. (2013). Carrageenan-based nanocomposite films. *Applied Clay Science*, 97–98, 174–181.
- [15] Sorrentino, A., et al. (2007). Bio-nanocomposites for food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 18, 84–95.
- [16] Tharanathan, R. N. (2003). Biodegradable films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*, 14, 71–78.
- [17] Ulfah, F., & Nugraha, I. (2014). Edible film komposit karagenan–montmorillonit.
- [18] Wang, N., et al. (2015). Mechanical and water barrier properties of alginate films. *Journal of Food Engineering*, 166, 120–128.
- [19] Zhang, Y., et al. (2024). Biopolymer–clay nanocomposite films. *Food Packaging and Shelf Life*, 39, 101165.