

**PENGARUH PENAMBAHAN MONTMORILLONIT TERHADAP SIFAT
MEKANIK KOMPOSIT FILM KARAGENAN-MONTMORILLONIT**

**EFFECT OF MONTMORILLONITE ADDITION TO MECHANICAL
PROPERTIES OF CARRAGEENAN-MONTMORILLONITE FILM COMPOSITE**

Fajariyah Ulfah, Irwan Nugraha

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta
Jl. Marsda Adisucipto Yogyakarta Indonesia 55281

ABSTRAK

Telah disintesis dan dikarakterisasi *edible film* komposit karagenan-montmorillonit. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh komposisi dari komponen penyusun *edible film* (karagenan sebagai bahan dasar, gliserol sebagai *plasticizer*, dan montmorillonit sebagai *filler*), mengetahui pengaruh penambahan montmorillonit terhadap sifat fisik dan mekanik *edible film*, serta mengetahui interaksi yang terbentuk pada *edible film*. Penelitian dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu preparasi awal montmorillonit, uji pendahuluan, dan sintesis *edible film* komposit karagenan-montmorillonit. Pечetakan *edible film* menggunakan metode *solvent casting*. Hasil yang diperoleh dari uji pendahuluan menunjukkan bahwa konsentrasi karagenan dengan sifat mekanik terbaik adalah 3,0% (b/v) dan gliserol 1,5% (v/v). Komposisi tersebut digunakan untuk mensintesis *edible film* komposit dengan variasi konsentrasi montmorillonit, yaitu 1,0% ; 2,0% ; 3,0% ; 4,0% ; dan 5,0%. Penambahan montmorillonit 1,0 – 3,0% dapat meningkatkan sifat mekanik *edible film*. Sifat mekanik terbaik dicapai pada konsentrasi montmorillonit 3,0% dengan ketebalan 0,107 mm, kuat tarik 4,139 Mpa, persentase pemanjangan 48,178%, modulus elastisitas 8,590 Mpa, dan WVTR 11,980 g/jam m². Interaksi *edible film* komposit yang terbentuk adalah eksfoliasi dan interkalasi.

Kata kunci: *Edible film*, eksfoliasi, interkalasi, karagenan, montmorillonit, *plasticizer*, *solvent casting*

ABSTRACT

Has been synthesized and characterized edible film composite carrageenan-montmorillonite. This study aimed to obtain the composition of the components of edible film (carrageenan as a base material, glycerol as a plasticizer, and montmorillonite as filler), determine the effect of montmorillonite on the physical and mechanical properties of edible films, as well as the interaction of edible film formed. The study was conducted in three stages: initial preparation of montmorillonite, a preliminary test, and the synthesis of edible film-montmorillonite composite carrageenan. Pечetakan edible film using solvent casting method. The results of the preliminary test showed that the concentration of carrageenan with the best mechanical properties is 3.0% (w/v) glycerol and 1.5% (v/v). The composition is used to synthesize composite edible film with variation of the concentration of montmorillonite, which is 1.0%; 2.0%; 3.0%; 4.0%; and 5.0%. The addition of montmorillonite from 1.0 to 3.0% can improve the mechanical properties of edible film. The best Mechanical properties of montmorillonite achieved at a concentration of 3.0% with a thickness of 0.107 mm, 4.139 MPa tensile strength, percent elongation of

48.178%, the modulus of elasticity of 8.590 MPa, and WVTR 11.980 g / m² h. Interaction edible composite film formed is exfoliation and intercalation.

Keywords: Carrageenan, edible film, exfoliation, intercalation, montmorillonite, plasticizer, solvent casting

PENDAHULUAN

Kemasan makanan merupakan salah satu limbah yang keberadaannya melimpah akibat laju konsumsi masyarakat yang terus meningkat, yaitu sekitar 30% dari total limbah padat di seluruh dunia di tahun 2012 (Hoorweg, and Tata, 2012). Umumnya, bahan baku yang digunakan dalam pembuatan kemasan makanan berasal dari minyak bumi, karena memiliki beberapa keunggulan, diantaranya fleksibel, murah, multiguna, transparan, kuat, dan ringan. Namun di sisi lain dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, karena tidak mudah dihancurkan dengan cepat oleh mikroba penghancur dalam tanah. Akibatnya, terjadi penumpukan limbah dan menjadi penyebab kerusakan lingkungan (Ningwulan, 2012).

Edible film dari polimer alam merupakan salah satu solusi alternatif kemasan makanan yang bersifat ramah lingkungan dan dapat mempertahankan kualitas makanan. *Edible film* didefinisikan sebagai lapisan tipis (ketebalan < 0,25 mm), dapat dimakan, dilapisi pada makanan yang berfungsi sebagai *barrier* terhadap transfer massa (kelembaban, oksigen, lipid, dan zat terlarut). Keuntungan dari penggunaan *edible film* adalah biaya murah, dapat mengurangi limbah kemasan, dapat memberikan perlindungan yang unik dengan menjaga aroma dan tampilan dari makanan yang dikemas, serta mencegah kontaminasi dari mikroorganisme (Skurtys, *et al.*, 2009)

Berdasarkan bahan penyusunnya, *edible film* dapat diklasifikasikan

menjadi tiga kategori, yaitu hidrokoloid (protein atau karbohidrat), lipid (asam lemak, asilgliserol atau lilin), dan komposit. Beberapa jenis hidrokoloid yang dapat digunakan adalah gelatin, pektin, alginat, karagenan, pati dan lain sebagainya.

Karagenan merupakan polimer hidrofilik berupa polisakarida sulfat yang dapat diekstrak dari rumput laut merah (*Rhodophyceae*) (Milani, and Maleki, 2012). Kelebihan karagenan sebagai *edible film* yaitu dapat membentuk gel yang baik, elastis, dapat dimakan, dan dapat diperbaharui. Meskipun demikian, *edible film* dari karagenan memiliki kelemahan, yaitu kemampuannya yang rendah sebagai *barrier* terhadap transfer uap air, sehingga membatasi pemanfaatannya sebagai bahan kemasan (Handito, 2011).

Salah satu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan sifat *barrier edible film* dari karagenan yaitu dengan penambahan material anorganik seperti montmorilonit. Montmorilonit adalah mineral lempung dari kelompok *smectit*, yang disusun oleh dua lapis tetrahedral silika dan satu lapis oktahedral alumina (2:1). Rumus teoritis montmorilonit adalah $(OH)_4Si_8Al_4O_{20}(interlayer)_nH_2O$ (Murray, 2007).

Selain bahan dasar pembentuk film, dibutuhkan pula *plasticizer* yang berperan meningkatkan fleksibilitas dan plastisitas film. *Plasticizer* didefinisikan sebagai substansi yang tidak mudah menguap, memiliki titik didih tinggi, dan apabila ditambahkan ke dalam material lain dapat mengubah sifat fisik dan atau sifat mekanik material tersebut (Lee, and

Wan, 2005). *Plasticizer* yang umum digunakan adalah poliol, gliserol, sorbitol, dan polietilen glikol (Mindarwati, 2006).

Pada penelitian ini dilakukan sintesis *edible film* dari karagenan sebagai bahan dasar, gliserol sebagai *plasticizer*, dan montmorilonit sebagai *filler*. Penambahan montmorilonit diharapkan mampu meningkatkan sifat fisik dan mekanik, serta menurunkan nilai laju transmisi uap air *edible film* yang dihasilkan. Konsentrasi montmorilonit dibuat bervariasi dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh montmorilonit terhadap sifat fisik dan mekanik *edible film* serta mengetahui interaksi komposit karagenan-montmorilonit yang terbentuk pada sifat fisik dan mekanik terbaik.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karagenan, Namontmorilonit, gliserol, dan akuades. Alat analisis yang digunakan adalah FTIR, XRD, TEM, *Universal Testing Machine*, dan *digital micrometer*.

Cara Kerja Penelitian

Preparasi Awal Montmorilonit

Montmorilonit dimurnikan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai *filler*. Proses pemurnian dilakukan dengan menggunakan teknik *siphoning* (Nugraha, and Somantri, 2013). Pertama, lempung montmorilonit disaring menggunakan ayakan dengan ukuran pori 140 mesh. Setelah disaring, lempung montmorilonit dimasukkan ke dalam gelas kimia dan ditambahkan akuades (montmorilonit : akuades 1 : 20 b/v). Suspensi diaduk selama 3 jam pada temperatur kamar, lalu disimpan selama 1 jam untuk mengendapkan zat-zat pengotor yang terdiri dari kuarsa,

feldspar dan material lain yang tidak diinginkan.

Setelah disimpan selama 1 jam, supernatan dipisahkan dari endapannya dengan menggunakan teknik *siphoning*. Supernatan yang diperoleh disimpan selama 24 jam, lalu dipisahkan lagi dari endapannya. Setelah itu, supernatan dipisahkan lagi dari endapannya dengan menggunakan *sentrifuge* selama 10 menit. Supernatan hasil sentrifugasi adalah montmorilonit murni, sedangkan endapan hasil sentrifugasi adalah pengotor. Montmorilonit yang sudah dimurnikan dikarakterisasi menggunakan FT-IR dan XRD.

Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan bertujuan untuk memperoleh komposisi penyusun *edible film* yaitu karagenan dan *plasticizer* gliserol. Untuk mengetahui jumlah karagenan yang digunakan, maka konsentrasi karagenan dibuat bervariasi dan konsentrasi gliserol dibuat tetap. Begitupula sebaliknya. Konsentrasi karagenan yang digunakan adalah 1,0 ; 2,0 ; dan 3,0%, dan gliserol adalah 1,0 ; 1,5 ; dan 2,0%.

Sintesis *Edible Film* Komposit Karagenan-Montmorilonit

Sebanyak 80 mL akuades dipanaskan sampai suhu 85 °C, lalu ditambahkan karagenan. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan di atas *hot plate* sampai karagenan larut. Setelah karagenan larut, ditambahkan *plasticizer* gliserol sambil terus diaduk dan dipanaskan selama 30 menit. Terbentuklah larutan karagenan-gliserol.

Pada langkah lain dibuat suspensi montmorilonit. Mula-mula montmorilonit dengan masing-masing konsentrasi 1,0% ; 2,0% ; 3,0% ; 4,0% ; dan 5,0% (b/b) didispersikan ke dalam 20 mL akuades. Suspensi diaduk menggunakan sonikator selama 30 menit (20 kHz).

Setelah itu, suspensi montmorilonit ditambahkan ke dalam larutan karagenan-glisierol. Campuran diaduk menggunakan sonikator (20 kHz) selama 10 menit pada suhu 85 °C, sehingga terbentuk larutan film. Setelah itu, larutan film dituang pada cetakan kaca ukuran 30 x 20 cm². Film yang sudah dicetak dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C selama 2 jam, lalu didiamkan pada suhu ruang selama 48 jam. Setelah kering, film dikelupas dari cetakan dan disimpan dalam desikator untuk keperluan analisis.

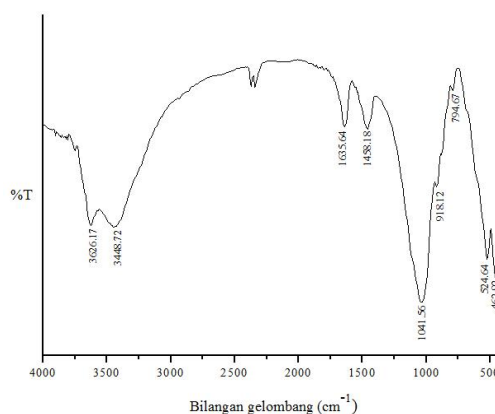
Karakterisasi *Edible Film* Komposit Karagenan-Montmorilonit

Karakterisasi *edible film* komposit karagenan-montmorilonit meliputi ketebalan, sifat mekanik, WVTR, FT-IR, XRD, dan TEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Awal Montmorilonit

Montmorilonit yang digunakan sebagai *filler* adalah Na-montmorilonit, yang diperoleh dari hasil pemurnian Nabentonit dengan teknik *siphoning*. Proses pemurnian ini bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral pengotor seperti kuarsa, kaolinit, feldspar, dan illit. *Siphoning* merupakan teknik pemisahan mineral-mineral lempung dengan prinsip perbedaan berat jenis. Mineral montmorilonit memiliki berat jenis 2,0 – 2,2 g/cm³; kuarsa 2,6 – 2,65 g/cm³; mika 2,77 – 3,4 g/cm³; feldspar 2,56 – 2,75 g/cm³; gipsum 2,3 g/cm³; kaolinit g/cm³; dan illit 2,6 – 2,9 g/cm³. Berdasarkan data tersebut, montmorilonit akan mengendap lebih lama dibandingkan dengan mineral yang lain karena berat jenisnya paling kecil (Nugraha, and Somantri, 2013). Montmorilonit yang diperoleh dari hasil pemurnian dikarakterisasi menggunakan FT-IR dan XRD.



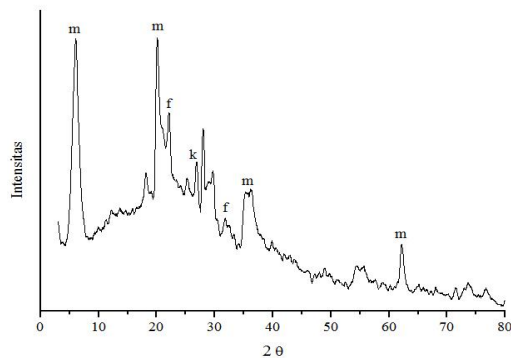
Gambar 1. Spektra FT-IR Montmorilonit Setelah Pemurnian

Berdasarkan **Gambar 1** dapat diamati beberapa pita serapan karakteristik dari montmorilonit. Pita serapan pada daerah bilangan gelombang 3626 cm⁻¹ merupakan karakteristik vibrasi ulur dari gugus –OH yang terletak pada lapisan oktahedral (Motlagh, *et al.*, 2011). Pita serapan pada daerah bilangan gelombang 3448 cm⁻¹ dan 1635 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi ulur dan tekuk –OH dari molekul H₂O.

Pita serapan pada bilangan gelombang 1458 cm⁻¹ mengindikasikan adanya vibrasi ulur dari Si-O atau Al-O. Pita serapan pada daerah 1041 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi ulur Si-O dan daerah 918 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi tekuk –OH dari Al₂OH. Pita serapan pada daerah bilangan gelombang 524 cm⁻¹ adalah pita karakteristik untuk vibrasi tekuk Al-O-Si. Pita serapan ini berdekatan dengan vibrasi ulur Si-O-Si yang muncul pada bilangan gelombang 462 cm⁻¹.

Montmorilonit memiliki tiga serapan tajam yang khas pada daerah sekitar 455 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya vibrasi tekuk dari Si-O, daerah 520 cm⁻¹ adalah vibrasi ulur Al-O, dan daerah 1045 cm⁻¹ adalah vibrasi ulur Si-O (Jung, *et al.*, 2006). Interpretasi FT-IR tersebut memberikan indikasi bahwa material yang digunakan adalah montmorilonit. Hal tersebut ditunjukkan

dengan munculnya serapan karakteristik dari Al-O-Si dan Si-O-Si yang merupakan gugus fungsi penyusun lapisan oktahedral dan tetrahedral pada lempung.



Gambar 2. Difraktogram Montmorillonit Setelah Pemurnian (m = montmorillonit, f = feldspar, k = kuarsa)

Berdasarkan **Gambar 2** dapat diamati adanya beberapa puncak difraksi. Mineral montmorillonit menunjukkan puncak difraksi pada 2θ $6,09^\circ$ ($d = 14,48 \text{ \AA}$); $20,27^\circ$ ($d = 4,38$); $35,79^\circ$ ($d = 2,51$); dan $61,80^\circ$ ($d = 1,49$). Feldspar menunjukkan puncak difraksi pada 2θ $31,75$ ($d = 2,82$), sedangkan kuarsa menunjukkan puncak difraksi pada 2θ $21,68^\circ$ ($d = 4,09$) (Morris, *et al.*, 1981). Berdasarkan difraktogram yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa lempung alam yang digunakan dalam penelitian ini disusun oleh mineral montmorillonit sebagai fasa mineral yang dominan dan beberapa mineral pengotor seperti kuarsa dan feldspar.

Uji Pendahuluan

Berdasarkan uji pendahuluan dapat diketahui komposisi karagenan dan gliserol sebagai komponen penyusun *edible film*. Sifat fisik dan mekanik terbaik dicapai pada konsentrasi karagenan 3,0% dan gliserol 1,5%, yaitu ketebalan 0,087 mm, kuat tarik 3,523 Mpa, persentase pemanjangan 42,170%, dan modulus elastisitas 8,348 Mpa.

Sintesis *Edible Film* Komposit Karagenan-Montmorillonit

Montmorillonit digunakan sebagai *filler* dalam sintesis *edible film* komposit. Suspensi montmorillonit diaduk dan diberi penambahan gelombang ultrasonik menggunakan sonikator. Sonikator digunakan untuk memecah partikel montmorillonit, sehingga diperoleh montmorillonit dengan ukuran yang sangat kecil (mikro/nano) dan memudahkan proses dispersi montmorillonit ke dalam matriks polimer karagenan. Material yang berukuran besar memiliki kecenderungan untuk teraglomerasi. Hal tersebut disebabkan karena adanya ikatan Van der Waals, dimana masing-masing molekulnya saling berikatan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mencegah peristiwa aglomerasi adalah dengan pengadukan kecepatan tinggi, yaitu menggunakan gelombang ultrasonik, sehingga molekul dapat terpisah dan dapat terdispersi dengan baik di dalam matriks atau pelarut (Ningwulan, 2012).

Suspensi montmorillonit yang ditambahkan ke dalam larutan karagenan terplastisasi gliserol akan terdispersi ke dalam matriks karagenan. Besarnya gaya interaksi antara matriks karagenan dengan montmorillonit dimungkinkan membentuk komposit dengan tiga struktur, yaitu taktoid, terinterkalasi, dan tereksfoliasi.

Karakterisasi *Edible Film* Komposit Karagenan-Montmorillonit

a. Ketebalan

Ketebalan merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan *edible film* sebagai pelapis makanan. Ketebalan film mempengaruhi permeabilitas terhadap uap air dan gas. Semakin tebal *edible film* makpermeabilitas terhadap uap air dan gas semakin kecil dan makanan yang

dikemas semakin terlindungi (Rachmawati, 2009). Hasil pengukuran ketebalan *edible film* komposit karagenan-montmorilonit disajikan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Ketebalan *Edible Film* Komposit Karagenan-Montmorilonit

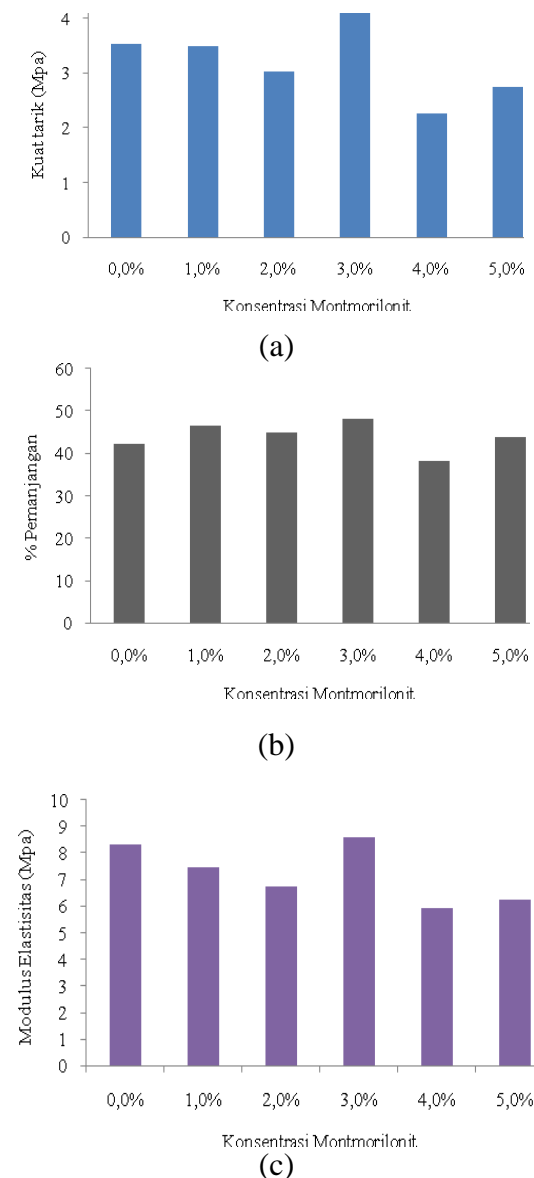
Berdasarkan **Gambar 3** dapat diketahui bahwa penambahan montmorilonit berpengaruh terhadap ketebalan *edible film*. Penambahan montmorilonit menyebabkan jumlah total padatan terlarut bertambah, sehingga ketebalan meningkat. Ketebalan tertinggi dicapai pada konsentrasi motmorilonit 3,0%, yaitu 0,108 mm.

b. Sifat Mekanik

Sifat mekanik film merupakan karakteristik utama yang memiliki peranan penting dalam aplikasinya sebagai kemasan. Sifat mekanik yang diukur meliputi kuat tarik, persentase pemanjangan, dan modulus elastisitas. Hasil pengukuran sifat mekanik *edible film* komposit karagenan-montmorilonit disajikan pada **Gambar 4**.

Berdasarkan **Gambar 4** diketahui bahwa kuat tarik dan persentase pemanjangan *edible film* meningkat pada penambahan montmorilonit 1,0 – 3,0% dan menurun pada penambahan montmorilonit lebih dari 3,0%. Kuat tarik dan persentase pemanjangan tertinggi dicapai pada konsentrasi montmorilonit 3,0%, yaitu kuat tarik

4,139 Mpa dan persentase pemanjangan 48,178%.



Gambar 4. Sifat mekanik *Edible Film*: (a) kuat tarik, (b) %pemanjangan dan (c) modulus elastisitas

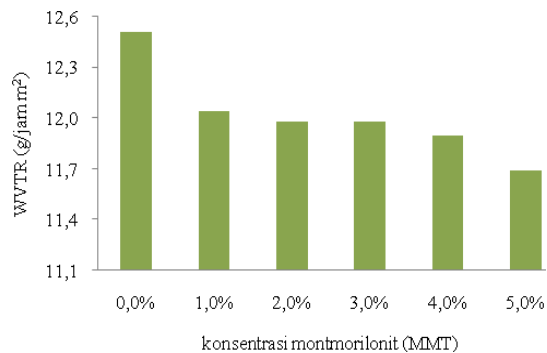
Peningkatan kuat tarik dan persentase pemanjangan *edible film* pada konsentrasi montmorilonit 1,0 – 3,0% disebabkan karena montmorilonit yang mengisi rangka matriks karagenan membentuk ikatan hidrogen yang kuat dengan karagenan, sehingga meningkatkan sifat mekanik *edible film*.

Modulus elastisitas menggambarkan kemampuan sebuah film mempertahankan

keelastisannya. Modulus elastisitas *edible film* menurun seiring bertambahnya konsentrasi montmorilonit, tetapi meningkat pada konsentrasi montmorilonit 3,0%, yaitu 8,587 Mpa. Meningkatnya modulus elastisitas pada penambahan montmorilonit 3,0% dimungkinkan karena montmorilonit terdispersi merata ke dalam matriks karagenan, sehingga diperoleh sebuah film dengan sifat mekanik yang baik.

c. Water Vapour Transmition Rate (WVTR)

Hasil pengukuran nilai WVTR *edible film* komposit karagenan-montmorilonit disajikan pada **Gambar 5**. Berdasarkan **Gambar 5** diketahui bahwa penambahan montmorilonit dapat menurunkan nilai WVTR *edible film*.



Gambar 5. Nilai WVTR *Edible Film* Komposit Karagenan-Montmorilonit

Penambahan montmorilonit dapat meningkatkan kristalinitas polimer. Peningkatan kristalinitas dapat menurunkan permeabilitas film terhadap uap air dan gas. Hal tersebut berhubungan dengan fakta bahwa daerah kristalin menawarkan volume bebas yang lebih sedikit dari pada daerah amorf dalam polimer, sehingga uap air

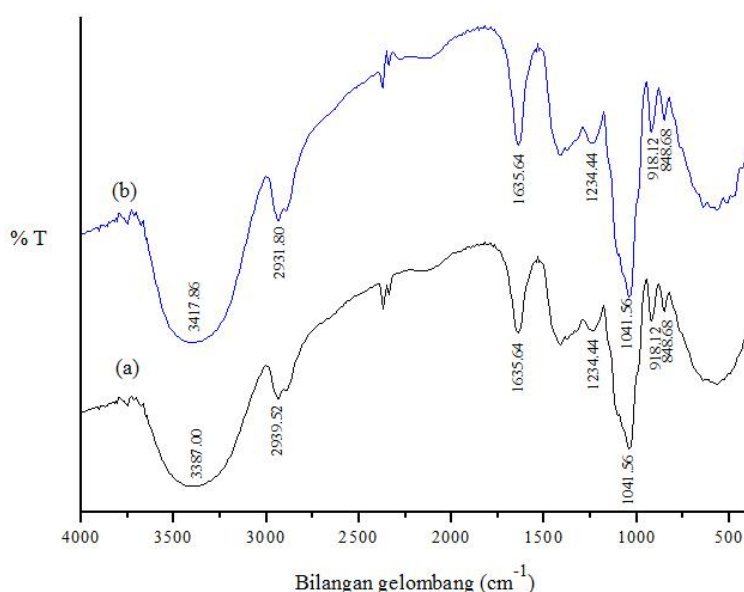
dan gas lebih sulit masuk menembus film. Selain itu, proses dispersi montmorilonit yang merata ke dalam matriks karagenan dapat membentuk sebuah struktur seperti jalan berliku, sehingga uap air sulit melewati jalan tersebut dan sifat *barrier* film meningkat (Stiller, 2008). Nilai WVTR terendah dicapai pada konsentrasi montmorilonit 5,0%, yaitu 11,694 g/jam m².

Berdasarkan pengukuran sifat fisik dan mekanik *edible film* komposit karagenan-montmorilonit dapat disimpulkan bahwa sifat fisik dan mekanik *edible film* terbaik dicapai pada konsentrasi montmorilonit 3,0%, yaitu ketebalan 0,108 mm, kuat tarik 4,139 Mpa, persentase pemanjangan 48,178%, modulus elastisitas 8,587 Mpa, dan WVTR 11,694 g/jam m². *Edible film* tersebut kemudian dikarakterisasi menggunakan FT-IR, XRD, dan TEM.

d. Fourier Transform-Infrared Spectroscopy (FT-IR)

Karakterisasi menggunakan FT-IR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi *edible film* komposit karagenan-montmorilonit yang dibandingkan terhadap *edible film* sebagai kontrol (0% montmorilonit). Spektra FT-IR dapat memberikan informasi interaksi antara komponen-komponen penyusun *edible film*.

Berdasarkan **Gambar 6**, spektra FT-IR *edible film* komposit karagenan-montmorilonit menunjukkan adanya beberapa pergeseran bilangan gelombang dibandingkan terhadap *edible film* karagenan, yaitu pada 3387 cm⁻¹ menjadi 3417 cm⁻¹ dan 2939 cm⁻¹ menjadi 2931 cm⁻¹.



Gambar 6. Spektra FT-IR (a) *Edible Film* Karagenan dan (b) *Edible Film* Komposit Karagenan-Montmorilonit

Selain pergeseran bilangan gelombang, beberapa pita serapan mengalami perubahan intensitas, yaitu pada bilangan gelombang 3417 cm^{-1} , 1635 cm^{-1} , dan 1041 cm^{-1} .

Kedua spektra menghasilkan pita serapan lebar pada bilangan gelombang sekitar $3300 - 3400\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya vibrasi ulur dari gugus -OH. Pita serapan pada bilangan gelombang 1635 cm^{-1} mengindikasikan adanya -OH tekuk molekul air. Pita serapan tersebut mengalami kenaikan intensitas pada *edible film* komposit. Hal itu disebabkan karena terbentuknya ikatan hidrogen antara molekul karagenan, gliserol, dan montmorilonit dengan air.

Pita serapan pada bilangan gelombang 1041 cm^{-1} *edible film* karagenan menunjukkan adanya ikatan S=O pada ester sulfat. Intensitas bilangan gelombang tersebut semakin tajam pada *edible film* komposit karagenan-montmorilonit, yang disebabkan karena keberadaan montmorilonit mengakibatkan adanya tumpang tindih antara gugus fungsi karagenan dengan montmorilonit.

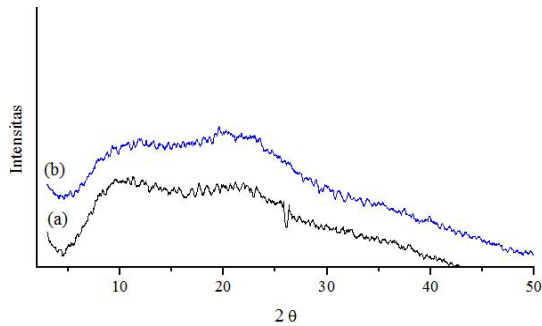
Berdasarkan interpretasi spektra FT-IR *edible film* yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi perubahan gugus fungsi yang signifikan antara *edible film* karagenan dengan *edible film* komposit. Bergesernya beberapa bilangan gelombang dan perubahan intensitas pita serapan mengindikasikan bahwa interaksi yang terjadi antara polimer karagenan dengan montmorilonit adalah interaksi fisik.

e. X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction digunakan untuk menganalisis perubahan struktur *edible film* komposit karagenan-montmorilonit yang dibandingkan terhadap *edible film* karagenan. Difraktogram *edible film* disajikan pada **Gambar 7**.

Berdasarkan difraktogram *edible film* karagenan (a) dan *edible film* komposit karagenan-montmorilonit (b). Pada **Gambar 7** dapat diamati bahwa kedua difraktogram tidak memberikan puncak difraksi yang karakteristik untuk material tertentu. Hal tersebut terkait dengan penggunaan polimer karagenan sebagai matriks. Karagenan adalah material nonkristalin, sehingga tidak

memunculkan puncak karakteristik ketika dikarakterisasi menggunakan XRD.



Gambar 7. Difraktogram (a) *Edible Film* Karagenan dan (b) *Edible Film* Komposit Karagenan-Montmorilonit

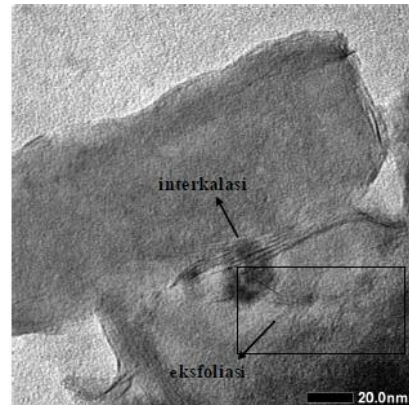
Puncak difraksi montmorilonit tidak muncul pada difraktogram *edible film* komposit karagenan-montmorilonit. Ada dua kemungkinan yang dapat terjadi, yang pertama tidak adanya puncak difraksi yang berasal dari montmorilonit disebabkan karena montmorilonit berfungsi sebagai *filler*, dimana jumlah yang ditambahkan hanya sedikit, sehingga puncak difraksi dari montmorilonit tidak terlihat. Kedua, puncak difraksi montmorilonit tidak terlihat dimungkinkan karena montmorilonit tersebar merata ke dalam matriks karagenan, sehingga interaksi yang terjadi antara polimer dan montmorilonit membentuk komposit tereksfoliasi. Apabila montmorilonit tereksfoliasi, maka tidak dijumpai lagi puncak difraksi montmorilonit yang muncul pada difraktogram. Difraktogram nampak sebagai garis yang nyaris lurus berhimpit dengan latar (Rahman, 2008). Interaksi yang terjadi antara polimer karagenan dengan montmorilonit dapat dibuktikan dengan karakterisasi menggunakan TEM.

f. *Transmission Electron Microscopy* (TEM)

Transmission Electron Microscopy (TEM) digunakan untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan dispersi

montmorilonit ke dalam matriks polimer karagenan. Hasil karakterisasi *edible film* komposit karagenan-montmorilonit menggunakan TEM disajikan pada **Gambar 8**.

Profil TEM *edible film* komposit karagenan-montmorilonit pada **Gambar 8** memberikan informasi bahwa montmorilonit terdispersi ke dalam matriks karagenan dengan pola dispersi yang tidak merata. Sebagian mineral montmorilonit tereksfoliasi dan sebagian yang lain terinterkalasi. Interaksi komposit yang tereksfoliasi ditunjukkan oleh pecahnya *interlayer* montmorilonit, sedangkan komposit terinterkalasi ditunjukkan oleh peningkatan jarak *interlayer* montmorilonit tanpa merusak susunan *interlayer*nya.



Gambar 8. Profil *Edible Film* Komposit Karagenan-Montmorilonit Menggunakan TEM

Tipe interaksi polimer karagenan dengan montmorilonit yang membentuk komposit tereksfoliasi dapat meningkatkan sifat mekanik *edible film*. Komposit tereksfoliasi akan menyebabkan peningkatan sifat mekanik lebih besar dibandingkan dengan komposit terinterkalasi. Namun, komposit juga dapat memiliki interaksi gabungan antara eksfoliasi dan interkalasi (eksfoliasi parsial) (Shipp, 2010).

Salah satu faktor yang menyebabkan terbentuknya komposit tereksfoliasi parsial adalah pengadukan menggunakan sonikator yang kurang optimal.

Penambahan montmorilonit yang semakin banyak akan menjadi lebih sulit untuk mencapai struktur eksfoliasi. Penjelasan tersebut dapat dikaitkan dengan viskositas larutan film. Penambahan montmorilonit akan menyebabkan larutan film semakin kental dan cenderung teraglomerasi, sehingga sulit untuk dipecah ketika menggunakan sonikator (Stiller, 2008).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan montmorilonit dapat meningkatkan sifat mekanik serta menurunkan nilai laju transmisi uap air (WVTR) *edible film* yang dihasilkan. *Edible film* dengan sifat fisik dan mekanik terbaik dicapai ketika konsentrasi montmorilonit 3,0%, yaitu dengan nilai ketebalan 0,108 mm, kuat tarik 4,139 Mpa, persentase pemanjangan 48,178%, modulus elastisitas 8,587 Mpa, dan WVTR 11,980 g/jam m². Interaksi komposit yang terbentuk adalah eksfoliasi dan interkalasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Hoornweg, D., and Tata, P.B., 2012, *What a Waste: a Global Review of Solid Waste Management*, World Bank, Washington, USA.
- Ningwulan, M.P.S., 2012, Pembuatan Biokomposit Edible Film dari Gelatin/Bacterial Cellulose Microcrystal (BCMC): Variasi Konsentrasi Matriks, Filler, dan Waktu Sonikasi, *Skripsi*, Jurusan Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Skurtys O., Acevedo C., Pedreschi F., Enrione J., Osorio F., Aguilera J. M., 2009, *Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings*, Department of Food Science and Technology, Universidad de Santiago de Chile, Santiago.
- Milani, J., and Maleki, G., 2012, *Hidrocolloids in Food Industry*. In *Food Industrial Processes-Methods and equipment*; Valdez, B. Ed.; InTech: Croatia, 17-38.
- Handito, D., 2011, Pengaruh Konsentrasi Karagenan Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Edible Film. *Agrotoskos*, 2-3, 21, 151-157.
- Murray, H. H., 2007, *Applied Clay Mineralogy: Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite-Sepiolite and Commons Clays*. 1th ed., Elsevier, Amsterdam.
- Lee, S. Y., and Wan V.C.H, 2005. *Edible Films and Coatings*. In *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering*, Y.H. Hui, Ed., Crc Pr I Lic. 135.
- Mindarwati, E., 2006, Kajian Pembuatan Edible Film Komposit dari Karagenan Sebagai Pengemas Bumbu Mie Instant Rebus, *Tesis*, Program Studi teknologi Pasca Panen, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Nugraha, I., and Somantri, A. , 2013, Karakterisasi Bentonit Alam Indonesia Hasil Pemurnian dengan Menggunakan Spektroskopi IR, XRD dan SSA. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, Yogyakarta, 441-448.
- Motlagh, M. M. K., Youzbashi, A. A., and Rigi, Z. M., 2011, Effect Of acid Activation on Structural and Bleaching Properties Of bentonite. *Iranian Journal of Materials Science & Engineering*. 4, 8, 50-56.
- Jung, H. M., Lee, E. M., Ji, B. C., Schin, S. O., Ghim, H. D., Cho, H., Han, Y. A., Choi, J. H., Yun, J. D., Yeum, J. H., 2006, *Preparation of*

Poly (Vinyl Acetate)/Clay and Poly (Vinyl Acetate/Poly (Vinyl Alcohol)/Clay Microspheres, Fibers Poly. 7, 229-234.

Morris, M. C., McMurdie, H. F.; Evans, E.H., 1981, *Standard X-Ray Diffraction Powder Patterns Section 18 Data for 58 Substances*; National Bureau of Standards, Washington.

Rachmawati, A. K., 2009, Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin Cincau Hijau (*Premna oblongifolia. Merr*) untuk Pembuatan *Edible Film*. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Stiller, B., 2008, The Effect of Montmorillonite Nanoclay on

Mechanical and Barrier Properties of Mung Bean Starch Films. *Thesis*. Master of Science Packaging Science. Clemson University, Clemson, South Carolina, 1-78.

Rahman, A., 2008, Sintesis Nanokomposit Poliester-Lempung Berbahan Baku Organolempung dari Bentonit Indonesia, *Tesis*, Jurusan IPA, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Shipp, D.A., 2010, *Polymer-Layered Silicate Nanocomposites*, Clarkson University, Potsdam, Elsevier, B.V. All rights reserved, NY, USA