

Synthesis and Characterization of Nata de Coco Based *Edible film* with the Addition of Cinnamon Oil

Sintesis dan Karakterisasi Edible film Berbasis Nata De Coco dengan Penambahan Minyak Kayu Manis

Dwi Ayu Stephanie ^{a,1,*}, Marfuatun ^{a,2}, Imam Arifin ^{b,3}

^a Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, Jl. Colombo No.1, Karang Malang, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

^b Pendidikan Fisika, Pasca Sarjana, Universitas Negeri Yogyakarta, Jl. Colombo No.1, Karang Malang, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

¹ dwiayustephanie@gmail.com *, ² afu@uny.ac.id; ³ arifinimam50@gmail.com

* corresponding author

ARTICLE INFO

Article history

Received August 21, 2020

Revised February 02, 2021

Accepted May 22, 2021

Keywords

cinnamon oil

edible film

methylcellulose

PVA

ABSTRACT

The edible film is an alternative packaging with renewable and safe materials. The edible film used is methylcellulose from nata de coco with polyvinyl alcohol (PVA) plasticizers and cinnamon oil additives. This research aimed to determine the effect of PVA on the mechanical properties of edible film and the effect of adding cinnamon oil on the character of edible film. PVA added were 5%, 10%, 15%, 20%, 25% and cinnamon oil added were 2%, 4%, 6%, 8%, 10%. The mechanical properties of the edible film were observed by tensile strength tester, whereas water vapor absorption by gravimetric method. The result showed the optimum mechanical properties of the edible film was addition PVA 15% which was 1.565 MPa. The more cinnamon oil was added, the mechanical properties of edible film tend to decrease, however, the water vapor absorption tends to increase. The addition of cinnamon oil also showed antimicrobial activity that the fungus did not grow on the edible film.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](#) license.



1. Pendahuluan

Edible film merupakan lapisan tipis yang melapisi bahan pangan yang layak dikonsumsi, mudah terdegradasi oleh alam, dapat memperpanjang masa simpan dan memperbaiki kualitas produk pangan [1]. Peneliti saat ini mulai banyak mengembangkan *edible film*. Pengembangan *edible film* ini untuk mengatasi kelemahan dari kemasan yang *non-biodegradable*. Ada tiga komponen *edible film* yaitu bahan pembentuk film, *plasticizer*, dan zat aditif [2]. Bahan utama pembentuk film bisa diperoleh dari protein, polisakarida, lipid, dan kombinasi atau campuran dari ketiganya [3]. Bahan pembentuk *edible film* yang sering digunakan adalah pati dan turunannya, selulosa dan turunannya (metil selulosa, karboksimetil selulosa, hidroksipropilmetil selulosa), xanthan gum, dan kitosan [1].

Karakteristik *edible film* yang dapat digunakan untuk makanan antara lain dapat dikonsumsi yang diakui aman bagi manusia dan tercatat pada *Food and Drug Administration* (FDA), tidak beracun, mudah dicerna, dan *biodegradable*. Selain itu, memiliki sifat mekanik yang stabil, memiliki permukaan yang homogen, dapat mengontrol perpindahan air untuk mempertahankan kadar air yang diinginkan, tidak mempengaruhi karakteristik dari produk seperti warna, rasa, dan penampilan. Bahan yang digunakan terbuat dari bahan pembentuk film yang dapat larut dalam pelarut seperti air, alkohol atau campurannya [2].

Metil selulosa merupakan bahan pembentuk film yang efisien untuk menghambat senyawa oksigen, dapat membentuk film yang baik, larut dalam air, dan sering digunakan dalam industri farmasi dan makanan [4]. Metil selulosa dapat diperoleh dengan cara metilasi selulosa. Salah satu sumber selulosa adalah nata de coco. Kandungan dari nata de coco adalah selulosa yang mempunyai kemurnian sangat tinggi [5].

Nata de coco diperoleh dari hasil fermentasi air kelapa dengan menggunakan bakteri *Acetobacter xylinum* [6]. Air kelapa yang digunakan berasal dari air limbah kelapa. Oleh karena itu, produksi nata de coco dapat mengurangi pencemaran.

Keterbatasan dalam penggunaan metil selulosa sebagai bahan *edible film* yaitu sifat mekanik kekuatan tarik yang relatif buruk [7]. Upaya untuk meningkatkan kuat tarik suatu *edible film* adalah dengan menambahkan pemlastis dan zat aditif [2]. PVA merupakan salah satu pemlastis yang dapat meningkatkan kekuatan tarik film serta merupakan polimer yang ramah lingkungan dan larut dalam air kekuatan tarik. Selain itu PVA juga digunakan dalam industri farmasi dan makanan karena teracat aman oleh *Food and Drug Administration* [9].

Selain itu, untuk meningkatkan fungsi dari *edible film* yang dikembangkan maka penelitian ini juga ditambahkan zat aditif minyak kayu manis. Hal ini karena adanya kandungan sinamaldehyd yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur [10].

2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan antara lain: sintesis metil selulosa Nata de Coco, NaOH teknis, diklorometana *pro analys*, isopropanol *pro analys*, etanol *pro analys*, asam asetat glasial, PVA *pro analys*, akuades, HCl, dan minyak kayu manis. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Spektrofotometer FTIR Nicolet Avatar 360 IR di laboratorium Kimia UII dan *Universal Testing Machine* di laboratorium UGM.

2.1. Sintesis dan Karakterisasi Metil Selulosa dari Nata de Coco

Nata de Coco yang digunakan untuk membuat selulosa yaitu berumur 3-4 hari. Bahan tersebut ditekan dan dikeringkan sampai tipis. Setelah itu dipotong kecil-kecil hingga menjadi serbuk. Serbuk selulosa kemudian digunakan sebagai bahan metil selulosa.

Sintesis metil selulosa diawali dengan merendam 5 g serbuk selulosa dalam 120 g NaOH 50% w/v. Selanjutnya hasil perendaman tersebut tambahkan isopropanol 300 mL dalam labu leher tiga 500 mL, kemudian suspensi tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirer* pada suhu ruangan selama satu jam. Selanjutnya labu tersebut dipasang kondensor, kemudian memasukkan diklorometana ke dalam labu dan menaikkan suhu menjadi 60 °C dengan alat *hot plate magnetic stirer*, kemudian tunggu selama 22 jam. Hasil yang diperoleh disaring, kemudian dinetralkan dengan asam asetat dan dicuci dengan etanol dan aseton. Selanjutnya keringkan dalam oven. Simpan metil selulosa dalam suhu 40 °C.

Karakterisasi metil selulosa yaitu menentukan derajat substitusi dengan metode titrasi. Metil selulosa 0,1 g ditambahkan akuades 10 mL dalam erlenmeyer. Tambahkan 5 mL NaOH 0,5 M ke dalam campuran, kemudian dipanaskan selama satu jam. Tambahkan indikator fenolftalein, titrasi dengan HCl 0,1 M. Rumus perhitungan derajat substitusi yaitu:

$$DS = \frac{52,5 \times M_{NaOH} \times V_{NaOH} - M_{HCl} \times V_{HCl}}{1000 \times W - 42 \times (M_{NaOH} \times V_{NaOH} - M_{HCl} \times V_{HCl})} \quad (1)$$

2.2. Preparasi dan Karakterisasi *Edible film* Metil Selulosa/PVA

Metode yang digunakan yaitu *casting* larutan polimer. Penambahan PVA divariasi dari 5%-25%. Metil selulosa dan PVA masing-masing dilarutkan dalam akuades. Kemudian kedua larutan tersebut dicampurkan selama 1 jam dengan diaduk dan dipanaskan sampai suhu 70 °C. Kemudian tuangkan campuran ke dalam cawan petri dan dikeringkan di dalam oven 40 °C selama 6-7 jam. Karakterisasi yang dilakukan adalah uji mekanik kuat tarik.

2.3. Preparasi dan Karakterisasi *Edible film* Metil Selulosa/PVA + Minyak Kayu Manis

Methyl Cellulose (MC)/PVA yang digunakan dalam preparasi selanjutnya adalah komposisi MC/PVA yang memperoleh hasil yang bagus. Sebelum ditambahkan minyak kayu manis, metil

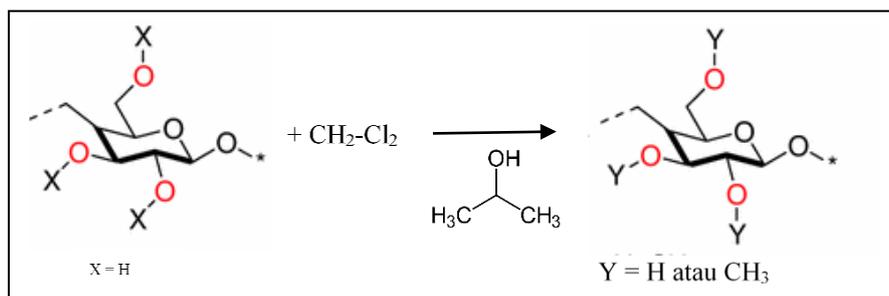
selulosa dan PVA dilarutkan terlebih dahulu. Kemudian tambahkan minyak kayu manis dengan variasi 2% - 10%. Campuran diaduk dan dipanaskan. Kemudian dituangkan ke dalam cawan petri dan dikeringkan dalam oven 40 °C selama 6-7 jam.

Karakterisasi yang dilakukan adalah uji mekanik, uji daya serap uap air, dan efektivitas antimikroba. Sifat mekanik menggunakan instrumen *universal testing machine*, sedangkan gugus fungsi menggunakan FTIR nicolet avatar 360 IR. Daya serap uap air menggunakan metode gravimetri yaitu menimbang berat *edible film* sebelum dan sesudah diperlakukan, dimana *edible film* dikaitkan pada tutup toples tanpa terkena air dan toples diisi air hampir penuh selama satu jam. Uji efektivitas antimikroba *edible film* yaitu dengan uji organoleptik dengan mengamati ada tidaknya aktivitas jamur yang ditandai bintik-bintik hitam atau putih dilakukan dalam waktu 56 hari.

3. Hasil dan Diskusi

Pada perendaman serbuk selulosa dalam larutan NaOH terjadi proses alkalisasi. Proses ini akan membuat serat selulosa mengembang. Hal ini akibat dari NaOH yang menembus rantai selulosa yang terikat, kemudian memutus ikatan hidrogen antara gugus OH yang berdekatan, sehingga struktur yang kaku akan mengembang. Struktur yang mengembang ini mengakibatkan gugus OH pada selulosa mudah digantikan dengan gugus lain.

Pada tahap penambahan isopropanol dan diklorometana terjadi proses metilasi yang menyebabkan perubahan karakteristik selulosa yang tidak larut dalam air menjadi larut dalam air. Isopropanol berfungsi untuk mengubah interaksi intermolekuler selulosa selama metilasi. Selama proses metilasi dapat dilihat terjadinya perubahan warna dari bening menjadi putih keruh. Perubahan ini dikarenakan gugus OH dari selulosa disubstitusi oleh gugus metil dari diklorometana. Proses metilasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Metilasi

Metil selulosa yang dihasilkan dinetralkan yang bertujuan untuk melarutkan pengotor selain metil selulosa. Hasil metil selulosa yang diperoleh berbentuk serbuk halus, berwarna putih, bertekstur halus, berbau dan larut dalam air. Beberapa sifat yang diperoleh sesuai dengan MSDS metil selulosa komersial yaitu berbentuk padat (granular padat, serbuk, padat), berwarna putih keabu-abuan, putih, dan putih pucat [12]. Sifat bau yang dihasilkan dari sintesis tersebut dimungkinkan karena asam asetat pada saat purifikasi.

Hasil sintesis metil selulosa selanjutnya diuji kelarutan dalam akuades. Serbuk metil selulosa yang dicampur dengan akuades terlihat hilang sedikit demi sedikit. Hasil uji ini menunjukkan bahwa sintesis metil selulosa dapat larut dalam air. Derajat substitusi (DS) pada metil selulosa diuji duplo dengan metode titrasi diperoleh dua persamaan sebagai berikut.

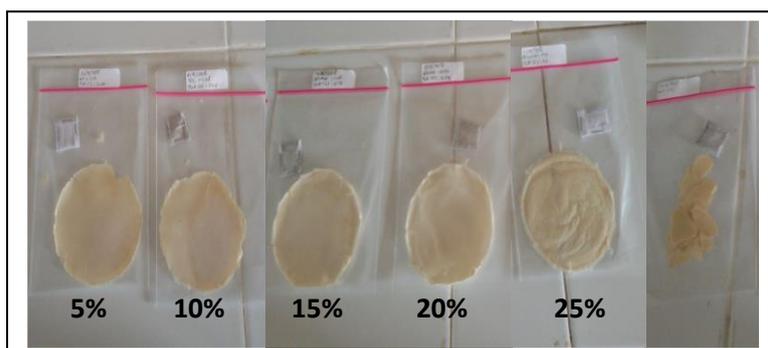
$$DS = \frac{52,5 \times 0,5 M \times 5 NaOH - 0,1 M \times 21,4 mL}{1000 \times 0,1 g - 42 \times (0,5 M \times 5 mL - 0,1 M \times 21,4 mL)} \quad (2)$$

$$DS = \frac{52,5 \times 0,5 M \times 5 NaOH - 0,1 M \times 21,7 mL}{1000 \times 0,1 g - 42 \times (0,5 M \times 5 mL - 0,1 M \times 21,7 mL)} \quad (3)$$

Berdasarkan dua persamaan di atas, diperoleh rata-rata DS yaitu 1,5097. Hal ini sesuai dengan referensi metil selulosa larut dalam air dengan DS 1,3 – 2,6 [13].

Hasil sintesis metil selulosa pada penelitian ini dapat dikatakan sebagai bahan pembentuk *edible film*. Bahan yang digunakan pada tahap metilasi (diklorometana dan isopropanol) merupakan bahan

yang tercatat aman oleh *Food and Drug Administration* [14]. Selain itu, metil selulosa yang diperoleh dapat larut dalam akuades.

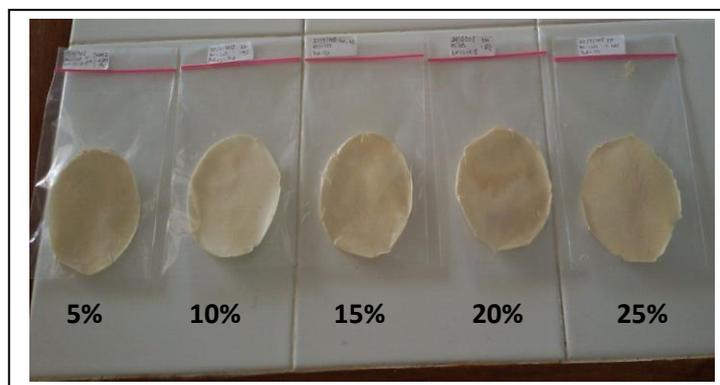


Gambar 2. *Edible film* MC/PVA

Pembuatan *edible film* ini dibuat dengan lima macam komposisi, yaitu MC/PVA 5% sampai MC/PVA 25% (dengan rentang 5%). Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan hasil warna yang hampir sama yaitu putih kecoklatan, tidak berbau, dan memiliki ketebalan rata-rata hingga 10-1 mm. Namun, dilihat dari lapisan dan tekstur diperoleh 3 hasil yang cukup bagus dengan hasil *edible film* yang tercampur sempurna yaitu komposisi PVA 5%, 10%, dan 15%, sedangkan 20% dan 25% diperoleh hasil yang kurang bagus dengan hasil *edible film* yang tidak tercampur sempurna (terbentuk 2 lapisan, lapisan metil selulosa dan lapisan PVA).

Hasil yang kurang bagus dimungkinkan karena penambahan PVA melewati batas pembentukan film yang baik. Sesuai dengan penelitian [15] yang mengatakan bahwa penambahan PVA untuk aplikasi makanan maksimal sebesar 2,3 mg PVA/cm². Luas permukaan *edible film* yang dibuat sebesar 113,04 cm², sehingga batas maksimal PVA yang ditambahkan sebesar 259,9 mg. Sedangkan pada penambahan konsentrasi 20% dan 25% penambah PVA sebanyak 300 dan 325 mg.

Edible film metil selulosa/PVA yang diperoleh menunjukkan *edible film* yang dapat digunakan untuk makanan. Bahan pemlastis PVA tercatat aman oleh *Food and Drug Administration* [9]. Selain itu, dapat dilihat ketika proses pencampuran kedua bahan dapat larut dalam akuades.



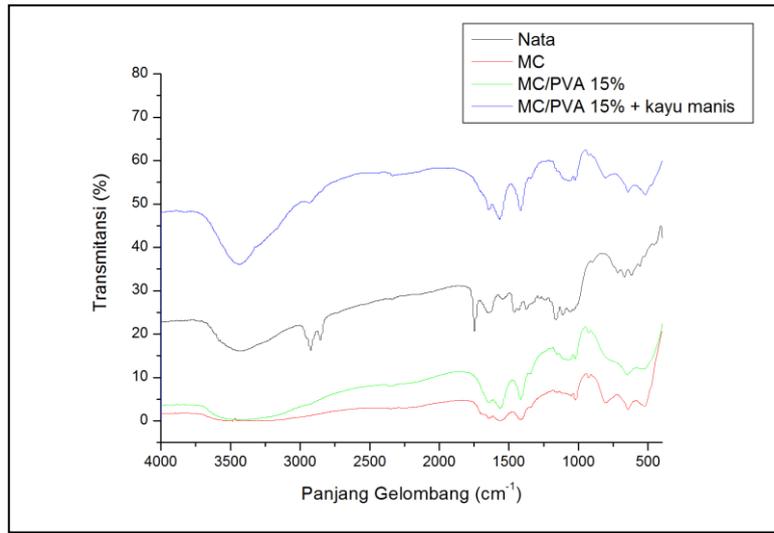
Gambar 3. *Edible film* MC/PVA+Kayu Manis

Penambahan minyak kayu manis pada pembuatan *edible film* metil selulosa/PVA ini bertujuan untuk meningkatkan sifat *edible film* seperti antimikroba. Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan hasil yang sama yaitu memiliki tekstur yang halus, membentuk satu lapisan, warna putih kecoklatan, berbau harum kayu manis, dan memiliki ketebalan rata-rata hingga 10⁻¹ mm.

Edible film metil selulosa/PVA dengan penambahan minyak kayu manis yang yang diperoleh menunjukkan *edible film* yang dapat digunakan untuk makanan. Hal ini karena minyak kayu manis yang biasa digunakan pada industri makanan dengan mengeluarkan aroma khas dari kayu manis.

Edible film dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra Red Spectra* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi. Gambar 4 menunjukkan hubungan transmitansi dengan panjang gelombang. Spektrum FTIR metil selulosa memperlihatkan bahwa gugus OH pada panjang

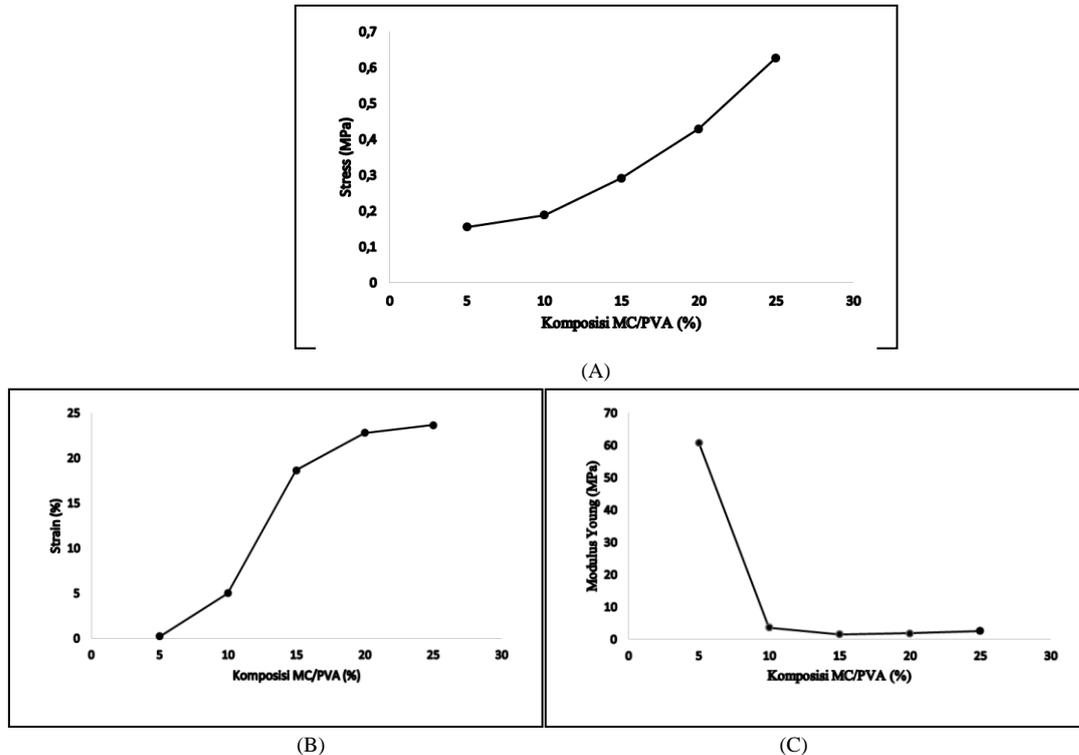
gelombang $3483,67\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan transmitansi yang sangat melebar. Adanya dua ikatan O-H yang berdekatan yaitu gugus O-H rantai selulosa dengan asam karbonat menyebabkan puncak transmitansi sangat melebar dan membuat gugus C-H ulur tertutup. Spektrum khas dari metil selulosa lainnya yaitu adanya C-H tekuk $1416,17\text{ cm}^{-1}$ dan C-O eter $1023,15\text{ cm}^{-1}$.



Gambar 4. Spektrum FTIR

Penambahan minyak kayu manis tidak memberikan puncak transmitansi yang berbeda dari *edible film* metil selulosa/PVA. Namun, pada puncak transmitansi gugus fungsi O-H terlihat puncak transmitansi dengan penambahan minyak kayu manis memiliki nilai yang lebih besar. Hal ini dikarenakan kayu manis yang mengandung sinamaldehyde (turunan fenol), sehingga adanya ikatan hidrogen yang menyebabkan O-H semakin besar dan cenderung mempunyai intensitas sedang.

Berdasarkan Gambar 5 semakin besar penambahan PVA, menunjukkan kuat tarik yang meningkat. Hal ini karena PVA dapat membentuk ikatan hidrogen rantai. Sedangkan nilai persen pemanjangan juga cenderung meningkat. Hal ini karena adanya peningkatan PVA akan menurunkan kohesi antar polimer yang membentuk film bersifat lebih elastis.

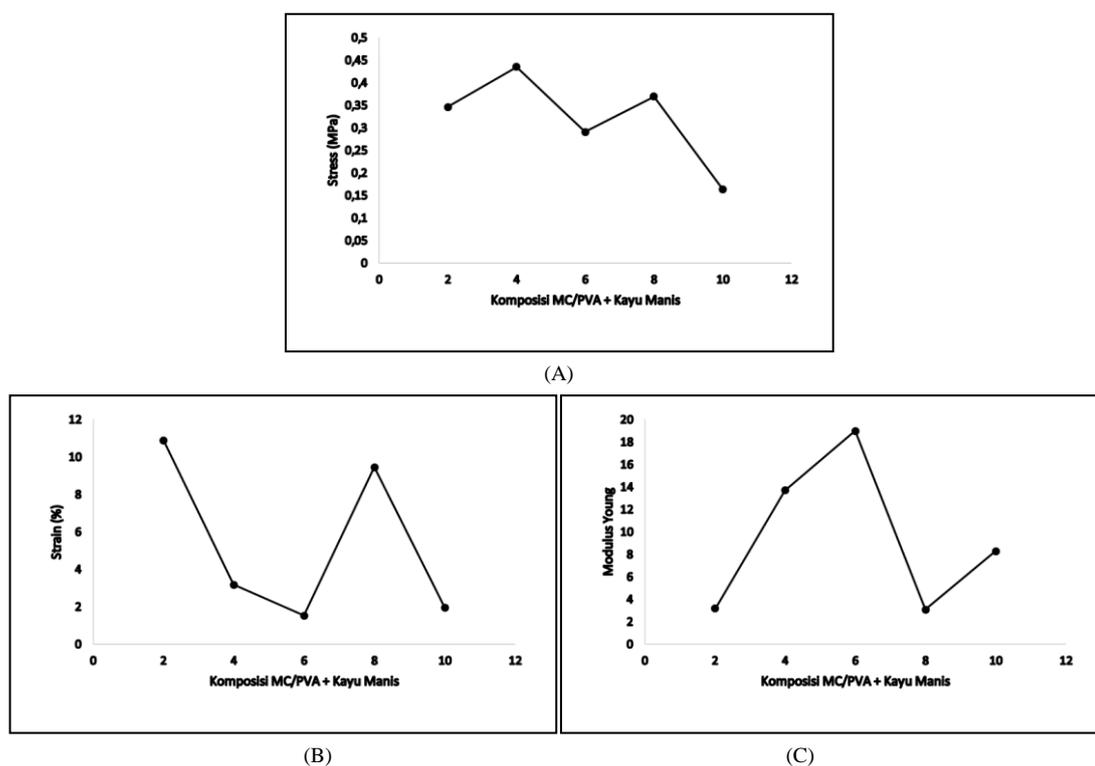


Gambar 5. Grafik hubungan (A)stress, (B)Strain, dan (C)Modulus Young dengan komposisi MC/PVA

Komposisi optimum diperoleh pada konsentrasi PVA 15%, hal ini dilihat dari nilai modulus young yang paling kecil. Modulus Young digunakan untuk menentukan tingkat kekakuan dan kelenturan dari *edible film*. Modulus young kecil artinya memiliki sifat kelenturan yang tinggi.

Uji sifat mekanik juga dilakukan pada *edible film* metil selulosa/PVA dengan penambahan minyak kayu manis. Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat nilai stress atau kuat tarik *edible film* yang cenderung meningkat dan strain yang cenderung menurun setelah ditambah minyak kayu manis. Adanya interaksi yang kuat antara polimer dan sinamaldehyd menghasilkan efek *cross-linker* yang menurunkan volume bebas dan mobilitas molekuler dari polimer [16]. Berdasarkan hasil modulus young yang menunjukkan sifat mekanik paling baik yaitu pada komposisi kayu manis 2%.

Nilai tren MC/PVA dengan penambahan minyak kayu manis pada Gambar 6 menunjukkan tren yang berbeda dari MC/PVA pada Gambar 5. Hasil ini dimungkinkan karena efek yang ditimbulkan dari sifat minyak yang susah tercampur, sehingga *edible film* yang ditambah minyak kayu manis menunjukkan tidak tercampur sempurna.



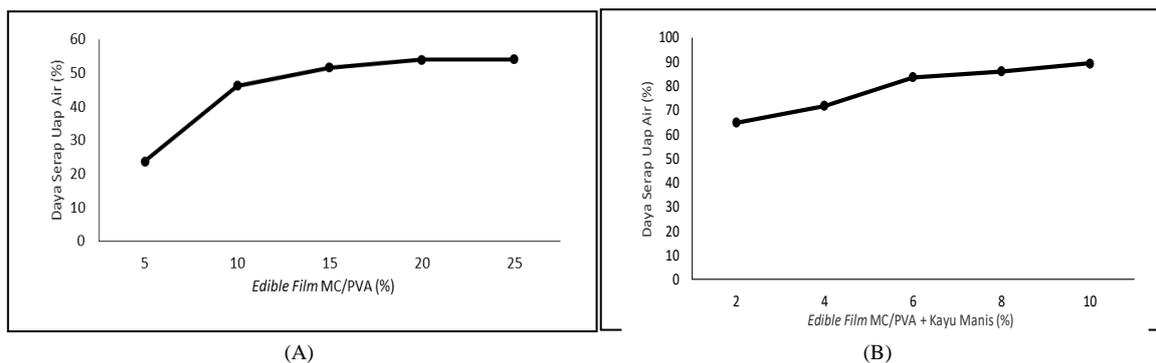
Gambar 6. Grafik hubungan (A)Stress, (B)Strain, dan (C)Modulus Young dengan komposisi MC/PVA+Kayu Manis

Berdasarkan Gambar 7 semakin besar konsentrasi PVA dan kayu manis menunjukkan grafik daya serap uap air semakin meningkat, karena kayu manis memiliki sifat higroskopis [17] dan PVA yang memiliki sifat sensitif terhadap kelembaban air. Namun dibandingkan dengan *edible film* metil selulosa tanpa penambahan PVA dan kayu manis, daya serap uap air lebih kecil. Metil selulosa memiliki permeabilitas uap air relatif tinggi [18]. Campuran *edible film* metil selulosa/PVA ditambah kayu manis dapat dikatakan sebagai *edible film* yang lebih baik. Supaya *edible film* yang dihasilkan mempunyai daya serap uap air kecil maka penambahan minyak kayu manis dibuat sekecil mungkin.

Berdasarkan hasil uji daya serap terhadap uap air di atas, supaya *edible film* yang dihasilkan mempunyai daya serap uap air kecil maka penambahan minyak kayu manis dibuat sekecil mungkin, sehingga *edible film* untuk makanan dapat bertahan lebih lama.

Hasil uji sifat mekanik *edible film* yang diperoleh, dapat dikatakan *edible film* dengan nilai modulus young paling kecil menunjukkan kuat tarik yang tidak jauh berbeda setelah penambahan kayu manis. Sehingga *edible film* dengan penambahan kayu manis dapat dikatakan tidak mempengaruhi kuat tarik. Namun, jika dibandingkan nilai *modulus young* antara MC/PVA dan MC/PVA ditambah kayu manis menunjukkan *edible film* yang ditambah minyak memiliki lebih

kaku, karena nilai modulus youngnya lebih besar. Sifat mekanik yang dihasilkan tersebut memungkinkan jika penggunaan *edible film* sebagai kemasan primer makanan, seperti *edible film* kertas pada wingko babat.



Gambar 7. Grafik Hasil Uji Daya Serap Uap Air (A)MC/PVA dan (B) MC/PVA+Kayu Manis

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa perubahan tekstur yang paling berubah menjadi berair yaitu *edible film* metil selulosa, kemudian *edible film* metil selulosa/PVA ditambah minyak kayu manis. Sedangkan yang paling sedikit berair adalah *edible film* metil selulosa/PVA. Hasil ini bisa dikaitkan dengan daya serap uap air, daya serap uap metil selulosa sangat besar sampai tidak terhitung karena keadaannya yang hancur. Kemudian semakin besar penambahan kayu manis maka semakin besar menyerap uap air.

Tabel 1. Hasil Pengamatan *Edible film*

Jenis <i>Edible film</i>	Kondisi Awal	Kondisi Akhir
Metil Selulosa	Kering Tidak ada jamur Putih kecoklatan	Berair banyak Tidak ada jamur Coklat
Metil Selulosa/PVA 15%	Kering Tidak ada jamur Putih kecoklatan	Berair sedikit Tidak ada jamur Coklat
Metil Selulosa/PVA 15% + Kayu Manis 2%	Kering Tidak ada jamur Putih kecoklatan	Berair banyak Tidak ada jamur Coklat

Parameter fisik yang diamati dalam waktu 56 hari yaitu perubahan warna dari awal sampai akhir. *Edible film* terlihat terjadi perubahan warna dari putih kecoklatan menjadi coklat. Perubahan ini dikarenakan efek kelembaban atau adanya air di *edible film* tersebut. Kemudian *edible film* dilihat dengan mikroskop stereo. Hasilnya tidak menunjukkan tumbuhnya jamur, seperti bintik-bintik hitam atau putih. Tidak tumbuhnya jamur dikarenakan *edible film* yang ditambah kayu manis terdapat sinamaldehid yang dapat menghambat pertumbuhan jamur [8]. Sedangkan pada *edible film* MC dan MC/PVA dimungkinkan karena memiliki sifat penghalang gas yang baik dan penghalang komponen lingkungan lainnya [15]. Sehingga dapat dikatakan dari *edible film* ini terlihat aktivitas antimikroba yang dapat memperpanjang masa simpan dari *edible film*.

Percobaan ini belum sampai pada uji produk makanan, namun berdasar hasil di atas kemungkinan jika diaplikasikan pada produk makanan akan memperpanjang masa simpan. Berdasarkan hasil yang diamati selama 56 hari *edible film* ini dimungkinkan bisa bertahan sampai 56 hari.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa peningkatan konsentrasi PVA memberikan nilai kuat tarik dan elongasi yang cenderung meningkat. *Edible film* dengan kondisi optimum terdapat pada komposisi MC/PVA 15% dengan nilai modulus young terkecil yaitu sebesar 1,565 MPa. Hasil FTIR pada *edible film* dengan penambahan minyak kayu manis menunjukkan gugus O-H pada daerah serapan $3432,64\text{ cm}^{-1}$, 1068 cm^{-1} gugus C-O eter, dan $1415,06\text{ cm}^{-1}$ gugus C-H tekuk. Adapun penambahan minyak kayu manis cenderung menurunkan sifat mekanik dan meningkatkan

daya serap uap air. Penambahan minyak kayu manis juga menunjukkan aktivitas antimikroba yaitu jamur tidak tumbuh pada *edible film*.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta sebagai pihak yang memberikan bimbingan dan arahan pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Winarti, C., Miskiyah, & Widaningrum, "Teknologi produksi dan aplikasi pengemas antimikroba berbasis pati", Jurnal dari Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 31(3): 85-93, 2012.
- [2] Erkmen, O. & Brazi, A. O., "General characteristics of *edible films*". Journal of Food Biotechnology Research, 2(1): 1-4, 2018.
- [3] Han, JH, "Innovation in food packaging", In: Han JH, *Edible films and Coatings: A Review*. Academic Press, London. pp: 213-255, 2014.
- [4] Turhan, K. N. & Sahbaz, F., "Water vapor permeability, tensile properties and solubility of methylcellulose-based *edible films*", Journal of Food Engineering, 62: 450-466, 2014.
- [5] Widjajanti-LFX, E., & Marfuatun, "Pemanfaatan limbah air kelapa sebagai membran elektrolit baterai lithium yang ramah lingkungan", Laporan Penelitian Unggulan UNY Tahun Anggaran 2015. Yogyakarta: Lembaga Penelitian Universitas Negeri Yogyakarta, 2015.
- [6] Pawestri, I. S. & Marfuatun, "Sintesis dan karakterisasi membran selulosa asetat dari air kelapa untuk aplikasi baterai ion lithium. Jurnal Kimia Dasar, 5(1), 2016.
- [7] Cerqueira, dkk, "Edible food packaging", London: CRC Press, 2016.
- [8] Muppalla, S. R., Kanatt, S. R., Chawla, S. P, & Sharma, A., "Carboxymethyl cellulose-polyvinyl alcohol films with clove oil for active packaging of ground chicken meat", Journal of Food Packaging and Shelf Life, 2: 51-58, 2014..
- [9] FDA, GRN No. 767 Polynvinyl Alcohol. Diakses dari <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/fdcc/?set=GRASNotices&id=767>, 2018.
- [10] Ooi, L. S. M., dkk, "Antimicrobial activities of cinnamon oil and cinnamaldehyde from the chinese medicinal herb cinnamomum cassia blume, Journal of Chinese Medicine, 34(3): 511-522, 2006.
- [11] Radiman, C. L., & Yuliani, G, "Penggunaan nata de coco sebagai bahan membran selulosa Asetat", prosiding simposium nasional polimer V, 203-208, 2005.
- [12] Sciencelab, "Material safety data sheet methylcellulose", 15 cps MSDS. *Scienlab.com*, 1-6, 2013.
- [13] Wustenberg, T., "Cellulose and cellulose derivatives in food industry", Germany: Markono Print Media, 2015.
- [14] FDA, "Food Additive Status List", Diakses pada tanggal 26 Juli 2018, dari <https://www.fda.gov/food/ingredientspackaginglabeling/foodadditivesingredients/ucm091048.html>, 2018.
- [15] Saxena, S. K., "Polynivyl alcohol (PVA)", Journal of Chemical and Technical Assesment, 1-3, 2004.
- [16] Hosseini, M.H., Razavi, S.H., & Mousavi, M.A., "Antimicrobial, physical, and mechanical properties of chitosan-based films incorporated with thyme, clove, and cinnamon essential oil", Journal of Food Processing and Preservation, 33:727-743, 2008.
- [17] Andriyanto, A., Andriani, M.A.M, dan Widowati, E., "Pengaruh penambahan ekstrak kayu manis terhadap kualitas sensoris, aktivitas antioksidan dan aktivitas antibakteri pada telur asin selama penyimpanan dengan metode penggaraman basah", Jurnal Teknosains Pangan, 2(2): 13-20, 2013.
- [18] Bourtom, T., "Review article *edible films* and coatings: Characteristics and Properties", Journal of International Food Research, 15(3): 237-248, 2008.