

Pembuatan Bioplastik dari Komposit Pati Garut (*Maranta arundinacea* L.) dan Karagenan dengan Variasi Konsentrasi Sorbitol

PIPI OKTAVIANI¹, DZIKRY MUHAMMAD NASHIR¹, NISRINA DHIA PINASTI¹, GINA GIFTIA AZMIANA DELILAH¹, DAN SONI SETIADJI^{1*}

¹Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati, Jl. A.H. Nasution No. 105, Cibiru, Bandung, Jawa Barat

*alamat email korespondensi: s.setiadji@uinsgd.ac.id

Informasi Artikel

Abstrak/Abstract

Kata Kunci: *edible film*; pati garut; karagenan; *Maranta arundinacea*; *Eucheuma cottonii*

Plastik yang tidak dapat dikonsumsi masih banyak digunakan sebagai pembungkus makanan. Limbah plastik tersebut sulit terurai dan menjadi permasalahan lingkungan. Jenis plastik yang dapat dikonsumsi dan dapat menjadi alternatif sebagai plastik pembungkus makanan adalah *edible film*. Pada penelitian ini telah dibuat bioplastik yang bersumber dari komposit pati garut (*Maranta arundinacea* L.) dan karagenan dengan menambahkan CaCl_2 dan sorbitol. Konsentrasi sorbitol divariasikan pada rentang 2-6%. Sampel bioplastik dikarakterisasi melalui uji tarik, *swelling* air, ketebalan dan FTIR. Ketebalan bioplastik bertambah pada nilai 0,185-0,230 mm seiring bertambahnya konsentrasi sorbitol pada bioplastik. Nilai kuat tarik dan elastisitas menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi sorbitol sedangkan nilai elongasi sebaliknya. Nilai kuat tarik berada pada nilai 2,16-1,21 MPa. Elongasi bernilai 21-40% dan *swelling* air bernilai 24,41-33,80% berdasarkan pada meningkatnya konsentrasi sorbitol. Nilai *swelling* air pada ketiga bioplastik tersebut belum memenuhi syarat untuk digunakan sebagai *edible film*, yaitu maksimal 16,00% menurut standar mutu *edible film*.

Keywords: *edible film*; Food packaging still frequently uses non-edible plastic. This plastic waste is difficult to arrowroot starch; decompose and becomes an environmental problem. Edible film serves as a consumable carrageenan; *Maranta arundinacea*; *Eucheuma cottonii*

Food packaging still frequently uses non-edible plastic. This plastic waste is difficult to decompose and becomes an environmental problem. Edible film serves as a consumable alternative to food packaging plastic. In this study, we made bioplastic from a composite of arrowroot starch (Maranta arundinacea L.) and carrageenan by adding CaCl_2 and sorbitol. The concentration of sorbitol varied in the range of 2–6%. Bioplastic samples were characterized by tensile tests, water swelling, thickness, and FTIR. The thickness of the bioplastic increased to a value of 0.185–0.230 mm as the concentration of sorbitol in the bioplastic increased, the thickness increased to 0.185–0.230 mm. The tensile strength and elasticity values decreased with increasing sorbitol concentration, while the elongation value was the opposite. The tensile strength value was between 2.16 and 1.21 MPa. Based on increasing sorbitol concentration, elongation was 21–40%, and water swelling was 24.41–33.80%. The water swelling value of the three bioplastics does not yet meet the requirements for use as edible films, which is a maximum of 16.00% according to edible film quality standards.

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman dan pesatnya kemajuan teknologi, para produsen memproduksi produk makanan dalam bentuk kemasan, yang tidak menutup kemungkinan mencampurkan bahan olahan pangan dengan bahan yang dilarang agama. Konsumen muslim dalam membeli produk makanan dan minuman ada kecenderungan khawatir dengan status kehalalannya.

Terlebih lagi jika suatu produk makanan tersebut dikemas menggunakan kemasan yang bisa langsung dimakan bersamaan dengan produk makanan tersebut atau dikenal dengan kemasan *edible film*.

Edible film banyak diartikan sebagai komponen pembungkus makanan yang dapat dikonsumsi bersamaan dengan makanan tersebut [1]. Keunggulan dari *edible film* yaitu dapat dimakan, biokompatibilitas, tidak beracun, memiliki sifat sebagai penghambat transfer massa

(uap air, oksigen dan zat terlarut), dan harganya relatif murah. Komposit yang digunakan pada penelitian ini yaitu pati dan karagenan yang termasuk kelompok hidrokoloid. Pati sering digunakan dalam industri pangan sebagai *edible film* untuk menggantikan polimer plastik karena ekonomis, dapat diperbaharui, dan memberikan karakteristik fisik yang baik [1], sedangkan karagenan merupakan senyawa hidrokoloid yang berasal dari rumput laut *Rhodophyceae*, jenis rumput laut yang biasa digunakan yaitu *Euchema cottoni*.

Penambahan pengikat silang dan pemplatis dalam pembuatan komposit polimer dapat meningkatkan sifat fisik dari polimer tersebut. Seperti pada penelitian ini, ditambahkan pemplatis sorbitol yang berfungsi untuk menurunkan kekuatan intermolekuler, menaikkan tingkat fleksibilitas dari film serta bisa menurunkan sifat barrier film. Sedangkan untuk pengikat silang yang digunakan berupa CaCl_2 yang berfungsi untuk memberikan peningkatan kekuatan ikatan antara pati garut dan karagenan. Ikatan silang pada suatu polimer dapat mempengaruhi derajat *swelling*. Tingkat pengembangan (*swelling*) ini bergantung pada tingkat pengikat silangan dan afinitas antara pelarut dan polimer [2-14].

EKSPERIMEN

Dalam penelitian ini, bioplastik dibuat dari pati garut-karagenan dengan pengikat silang CaCl_2 dan pemplatis sorbitol. Optimasi komposit dilakukan dengan variasi konsentrasi sorbitol yaitu 2%, 4%, dan 6%. Selanjutnya, sifat mekanik bioplastik diuji dengan uji tarik yang mencakup uji kuat tarik, elongasi, dan *Modulus Young*, serta uji *swelling*. *Uji Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) digunakan untuk mengkarakterisasi gugus fungsi bioplastik.

Material

Bahan-bahan yang digunakan adalah tepung pati garut komersil, karagenan komersil, CaCl_2 (Merck), sorbitol (Merck), dan akuades.

Instrumentasi

Istrumen yang digunakan terdiri dari spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk analisis gugus fungsi dan *Universal Testing Machine* (UTM) untuk uji mekanik.

Prosedur

Penelitian dibagi menjadi dua tahap yaitu pembuatan bioplastik dari pati garut, karagenan, CaCl_2 dan sorbitol dan karakterisasi bioplastik.

Pembuatan Bioplastik Pati Garut-Karagenan dengan Pemplatis Sorbitol

Pembuatan komposit pati garut-karagenan dilakukan dengan memvariasikan jumlah penambahan sorbitol 2, 4, dan 6 mL. Larutan CaCl_2 dibuat sebanyak 25 mL dengan konsentrasi yang digunakan adalah 3% (%b/v). Kemudian, kedalam larutan CaCl_2 ditambahkan 2,67 g pati garut, dan 1,33 g karagenan, 60 mL akuades, serta sorbitol, kemudian diaduk hingga merata. Selanjutnya larutan dipanaskan pada suhu 70-80 °C selama 1-2 jam sehingga terbentuk larutan yang kental. Selama proses pemanasan, gelas beker ditutup dengan aluminium foil dan pemanasan dilakukan menggunakan penangas air. Kemudian larutan dicetak kedalam cawan petri dan dioven pada suhu 60°C selama 12 jam.

Karakterisasi Bioplastik Pati Garut-Karagenan dengan Pemplatis Sorbitol

Uji swelling

Uji *swelling* bertujuan untuk mengetahui kemampuan lembaran komposit dalam menyerap air. Uji *swelling* dilakukan dengan menimbang bioplastik kering (W_{kering}). Kemudian, bioplastik kering direndam dalam air selama 10 detik, dipisahkan air yang ada dipermukaan bioplastik dan ditimbang sehingga didapatkan berat basah (W_{basah}). Hal ini dilakukan berulang hingga diperoleh massanya yang konstan. Berat basah (W_{basah}) dan berat kering (W_{kering}) yang diperoleh dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Swelling (\%)} = \frac{W_{\text{basah}} - W_{\text{kering}}}{W_{\text{kering}}} \times 100\%$$

Uji tarik

Uji tarik menggunakan alat *Autograph*. Lembaran bioplastik 4x1 cm dipotong dan diikat pada alat uji dengan masing-masing ujungnya. Kemudian, beban dipasang pada penarik dengan satuan kgF (kilogram-Force). Setelah itu,

lembaran ditarik dengan kecepatan 1 cm per menit sampai putus. Besarnya beban penarik dan perubahan panjang lembaran dicatat saat lembaran putus. Selanjutnya, persamaan digunakan untuk menghitung elongasi, kuat tarik, dan nilai Modulus Young:

$$\text{Kuat Tarik}(\sigma) = \frac{F}{A}$$

$$\text{Elongasi}(\varepsilon) = \frac{\Delta L}{L}$$

$$\text{Modulus Young}(\varepsilon) = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Penentuan gugus fungsi dengan FTIR

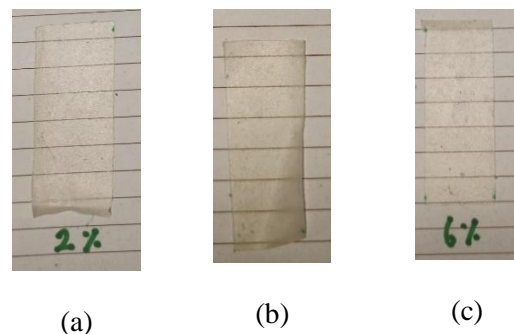
Penentuan gugus fungsi yang terdapat pada lembaran bioplastik pati garut-karagenan dengan pengikat silang CaCl_2 dapat diketahui dengan pengujian menggunakan instrumen FTIR. Uji dilakukan dengan pembentukan pelet KBr, sebanyak 2 gram sampel dihaluskan dan dicampur dengan KBr. Kemudian, campuran ditekan dengan alat tekan hidrolis 10.000-15.000 Psi dan lempengan tipis dipasang dalam sel dan ditempatkan pada berkas jalannya sinar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Bioplastik Pati Garut-Karagenan dengan Peplatis Sorbitol

Pembuatan komposit dimulai dengan membuat larutan CaCl_2 dengan konsentrasi 3% dan dimasukkan kedalam gelas beker. CaCl_2 berfungsi sebagai pengikat silang pada komposit yang dapat meningkatkan kekuatan ikatan antara pati garut dan karagenan. Selanjutnya, kedalam larutan CaCl_2 ditambahkan 2,67 gram pati garut, 1,33 gram karagenan dan 60 mL akuades sambil dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer*. Kemudian, kedalam larutan ditambahkan sorbitol masing-masing sebanyak 2, 4, dan 6 mL, sorbitol sebagai peplatis yang berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas komposit. Larutan dipanaskan pada rentang suhu 70-80 °C agar komposit dari pati garut dan karagenan menjadi homogen.

Selama pemanasan, terjadi proses gelatinisasi pada larutan dimana pada proses gelatinisasi ini granula pati mengalami pembengkakan yang dapat mengurangi volume air bebas dalam fase diskontinyu. Berkurangnya volume air bebas akan menyebabkan peningkatan konsentrasi dari hidrokoloid, karena air bebas yang terdapat dalam suspensi (sistem pati-hidrokoloid) banyak terserap dalam granula pati, sehingga menyebabkan viskositas meningkat ketika mengalami pemanasan atau disebut dengan gelatinisasi [15].



Gambar 1. Bioplastik dari komposit pati garut-karagenan dengan variasi penambahan sorbitol (a) 2% (b) 4% dan (c) 6%

Proses pencetakan larutan komposit dilakukan pada cawan petri dan dilakukan pengovenan selama 12 jam pada suhu 60°C. Setelah itu, lembaran komposit dibiarkan 1-2 hari pada suhu ruang dan dilepaskan pada cawan petri. Lembaran komposit terbentuk pada saat proses pengovenan berlangsung. Larutan komposit mengalami penguapan air sehingga terjadi pengerutan partikel yang akan membentuk bioplastik. Bioplastik yang dihasilkan dalam penelitian ini berwarna sedikit kuning dan transparan, tidak kaku, serta homogen. **Gambar 1.** menunjukkan bioplastik yang dihasilkan.

Karakterisasi dan Pengujian Bioplastik

Ketebalan

Ketebalan bioplastik dengan variasi sorbitol diberikan pada **Tabel 1**. Ketebalan *edible film* komersil sebagai pengemas produk makanan adalah berbeda-beda. Ketebalan bioplastik akan mempengaruhi terhadap karakterisasi dan pengujian kinerja bioplastik.

Tabel 1. Data ketebalan bioplastik pati garut-karagenan

Variasi sorbitol	Ketebalan (mm)
2%	0,185
4%	0,210
6%	0,230

Tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan sorbitol berpengaruh terhadap ketebalan bioplastik dari komposit pati garut-karagenan. Semakin banyak sorbitol yang ditambahkan ke dalam komposit maka kekentalan komposit bertambah. Setelah proses dicetak dan dikeringkan, bioplastik yang dihasilkan juga bertambah tebal. Peningkatan nilai ketebalan bioplastik disebabkan karena semakin banyak konsentrasi sorbitol yang ditambahkan akan meningkatkan total padatan dalam larutan yang akan mempengaruhi ketebalan bioplastik dimana ketika zat menguap maka bioplastik yang terbentuk semakin tebal seiring dengan semakin banyaknya total padatan yang mengendap sebagai bahan pembentuk bioplastik. Penambahan konsentrasi pematikan akan meningkatkan polimer penyusun matriks film seiring kenaikan total padatan terlarut dalam larutan komposit, sehingga menyebabkan ketebalan bioplastik semakin meningkat [16]. Pada **Tabel 1** ketebalan film yang dihasilkan sudah memenuhi standar dari *Japanese Industrial Standar (JIS)* yaitu batas maksimal ketebalannya adalah 0,25 mm.

Ketahanan Simpan Edible Film

Uji Ketahanan daya simpan dilakukan dengan melakukan pengemasan buah strawberi menggunakan bioplastik pati garut-karagenan.



Gambar 2. pengemasan buah strawberi oleh *edible film* selama tiga hari

Didapatkan hasil bahwa buah strawberi lebih tidak mudah membusuk saat dikemas menggunakan bioplastik. Hal ini berhubungan dengan nilai daya serap air atau *swelling* air

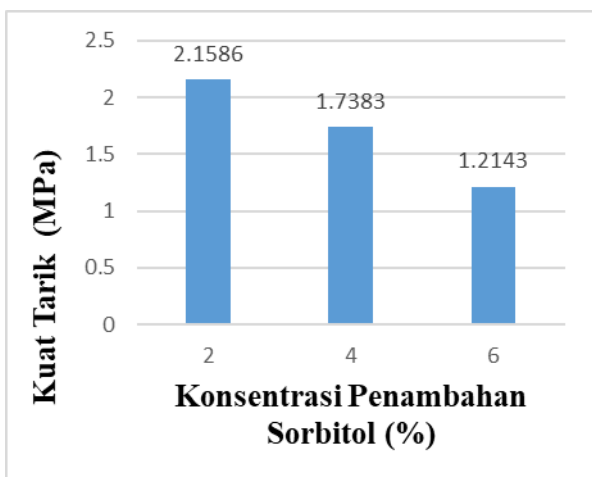
dimana pengemasan produk pangan dengan plastik yang memiliki nilai daya serap air rendah dapat menghambat proses pembusukan sehingga memperpanjang umur simpan produk pangan. Hal ini disebabkan karena semakin rendah nilai daya serap air maka semakin sedikit air yang mudah terserap *edible film*.

Kuat Tarik

Karakteristik mekanik dari suatu bioplastik terdiri dari kuat tarik (*tensile strenght*), pemanjangan (*elongation*), dan elastisitas (modulus young). Parameter-parameter tersebut dapat menjelaskan bagaimana karakteristik mekanik dari bahan bioplastik yang berkaitan dengan struktur kimianya. Selain itu juga, menunjukkan indikasi integrasi film pada kondisi tekanan (*stress*) yang terjadi selama pembentukan bioplastik [17].

Hasil kuat tarik bioplastik pati garut-karagenan dengan variasi jumlah sorbitol ditunjukkan pada **Gambar 3** bahwa semakin banyak jumlah sorbitol yang ditambahkan kedalam komposit menyebabkan nilai kuat tarik semakin kecil. Molekul-molekul sorbitol di dalam bioplastik terletak diantara rantai ikatan polimer sehingga menyebabkan interaksi antara molekul polimer menjadi semakin berkurang. Hal ini menyebabkan menurunnya nilai kuat tariknya [18].

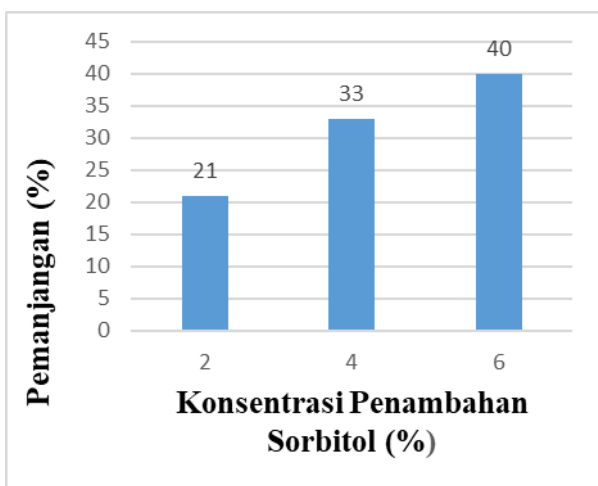
Penambahan sorbitol mampu mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas bioplastik karena sorbitol mengganggu ikatan hidrogen antar molekul polimer yang berdekatan sehingga kekuatan tarik-menarik intermolekul rantai polimer menjadi berkurang saat sorbitol yang ditambahkan melebihi nilai optimum [17-18]. Nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan juga sudah memenuhi standar dari *Japanese Industrial Standar (JIS)* yaitu batas minimal kuat tariknya adalah 0,39 MPa.



Gambar 3. Nilai kuat tarik film pati garut-karagenan terhadap variasi jumlah sorbitol

Pemanjangan

Persen pemanjangan (elongasi) merupakan perubahan panjang maksimum bioplastik sebelum terputus. Pengujian elongasi dilakukan dengan membandingkan penambahan panjang yang terjadi dengan panjang bahan sebelum dilakukan uji tarik.



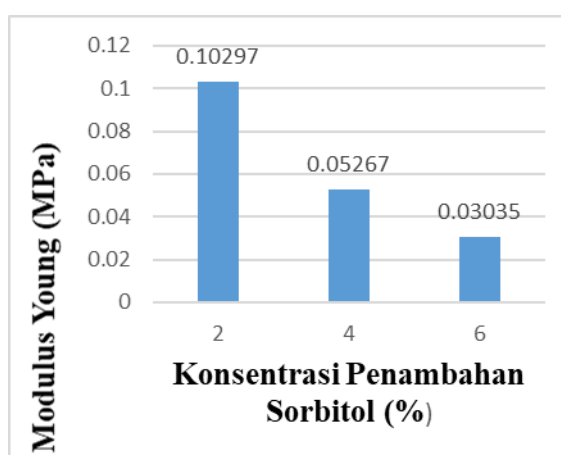
Gambar 4. Nilai elongasi film pati garut-karagenan terhadap variasi jumlah sorbitol

Dari **Gambar 4** menunjukkan bahwa penambahan sorbitol berpengaruh terhadap elongasi bioplastik yang dihasilkan. Semakin tinggi jumlah sorbitol yang ditambahkan kedalam komposit menyebabkan nilai elongasi bioplastik semakin besar. Nilai elongasi berbanding terbalik dengan nilai kuat tarik bioplastik. Sorbitol mampu mereduksi gaya antar molekul pada rantai polimer sehingga meningkatkan fleksibilitas film dan memperlebar jarak antar molekul [19].

Peningkatan persen pemanjangan terjadi karena sorbitol dapat menurunkan kekuatan ikatan hidrogen serta memperbesar jarak antar molekul polimer yang berdekatan sehingga sorbitol mampu mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas film polimer. Sorbitol merupakan senyawa yang bersifat hidrofilik sehingga dapat melunakkan bahan dan mengakibatkan peningkatan nilai persen pemanjangan sampai titik tertentu. Peningkatan nilai persen pemanjangan menyebabkan bioplastik tidak mudah putus apabila terkena gaya [19].

Fungsi sorbitol sebagai pemlatis pada bioplastik yaitu menurunkan gaya molekul menyebabkan meningkatnya mobilitas antar polimer sehingga bioplastik menjadi lebih elastis dan fleksibel. **Gambar 4** menunjukkan nilai persen elongasi yang tinggi menandakan bahwa bioplastik tersebut semakin elastis. Nilai elongasi bioplastik yang dihasilkan juga sudah memenuhi standar dari *Japanese Industrial Standar* (JIS) yaitu batas minimal kuat tariknya adalah 10-50%.

Modulus Young



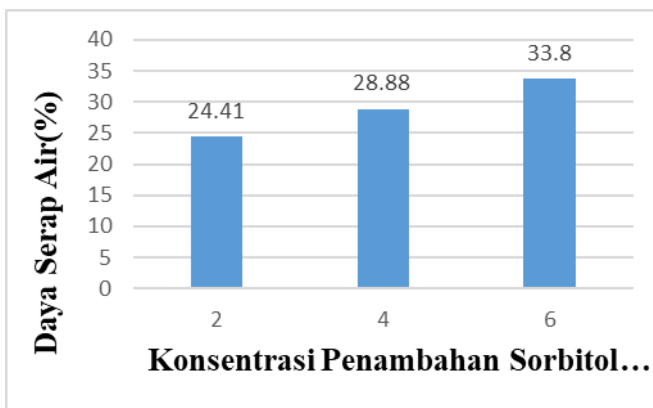
Gambar 5. Nilai modulus young film pati garut-karagenan terhadap variasi jumlah sorbitol

Modulus young adalah suatu besaran yang digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material untuk mengalami perubahan bentuk saat gaya diterapkan pada material tersebut. Modulus young menyatakan ukuran kekakuan dari suatu material, sehingga semakin besar modulus young suatu material, maka semakin tidak elastis benda tersebut sehingga benda sulit mengalami perubahan.

Pengukuran modulus young dapat dilakukan untuk mengetahui tingkat kekakuan

film tersebut. Modulus young diperoleh dari perbandingan antara kuat tarik terhadap persen perpanjangan. Dapat dilihat nilai yang dihasilkan pada **Gambar 5** bahwa semakin besar jumlah sorbitol yang ditambahkan ke dalam komposit menyebabkan elastisitasnya semakin meningkat. Nilai modulus young yang kecil menandakan bahwa bioplastik tersebut bersifat elastis dan fleksibilitas meningkat.

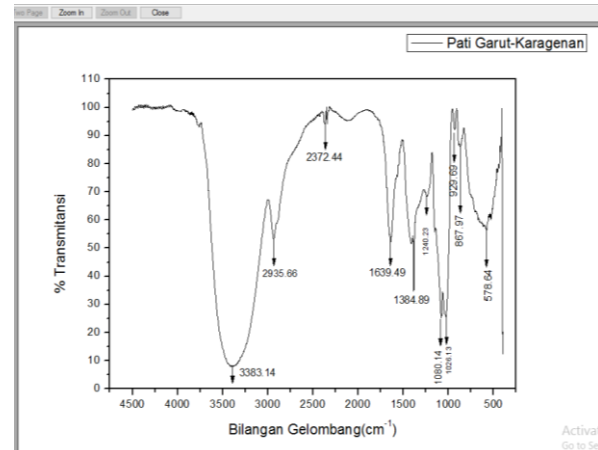
Daya Serap Air (Derajat Swelling)



Gambar 6. Nilai daya serap air film pati garut-karagenan terhadap variasi jumlah sorbitol

Penambahan sorbitol meningkatkan daya serap air pada bioplastik. Semakin banyak penambahan jumlah sorbitol ke dalam komposit menyebabkan daya serap airnya semakin tinggi. Sorbitol merupakan pemlatis yang bersifat hidrofilik sehingga mempunyai kemampuan mengikat air. Adanya gugus hidroksil (-OH) pada sorbitol mengakibatkan terjadinya peningkatan penyerapan air pada film. Nilai daya serap air pada ketiga film tersebut belum memenuhi syarat untuk digunakan sebagai *edible film*, yaitu maksimal 16,00% menurut standar mutu *edible film*.

Penentuan Gugus Fungsi dengan FTIR



Gambar 7. Spektra IR film pati garut-karagenan dengan pengikat silang CaCl_2

Spektrum inframerah memperlihatkan adanya serapan gugus fungsi hidroksil (-OH) pada bilangan gelombang $3383,14 \text{ cm}^{-1}$, gugus CH pada $2935,66 \text{ cm}^{-1}$, ikatan C=O pada $1639,49 \text{ cm}^{-1}$, ikatan S=O pada ester sulfat dengan bilangan gelombang $1240,23 \text{ cm}^{-1}$, ikatan glikosidik pada $1080,14 \text{ cm}^{-1}$, ikatan C-O pada 3,6-anhidro-D-galaktosa dengan bilangan gelombang $925,85 \text{ cm}^{-1}$, dan ikatan C-O-SO₃ pada C4 galaktosa dengan bilangan gelombang $867,97 \text{ cm}^{-1}$. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa berdasarkan data tersebut komponen pembentuk komposit bioplastik telah sesuai dengan bahan yang digunakan.

SIMPULAN

Penambahan pemlatis sorbitol pada komposit pati garut-karagenan mempengaruhi karakteristik dari bioplastik yang dihasilkan yakni meningkatkan ketebalan, persen pemanjangan, daya serap air dan elastisitas, serta menurunkan nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan. Nilai ketebalan, kuat tarik, dan elongasi dari ketiga sampel bioplastik pati garut-karagenan dengan pengikat silang CaCl_2 dan pemlatis sorbitol sudah memenuhi standar *edible film* menurut *Japanese Industrial Standard (JIS)*. Nilai daya serap air pada ketiga bioplastik tersebut belum memenuhi syarat untuk digunakan sebagai *edible film*, yaitu maksimal 16,00% menurut standar mutu *edible film*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih saya persembahkan kepada Allah SWT., kedua orang tua saya, juga kepada pembimbing yang telah membimbing dan mendukung saya menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Y. H. Hui, "Handbook of Food Science, Technology, and Engineering Volume I," USA: CRC Press, 2006.
- [2] Thawien Bourtoom, "Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan," *Songklanakarini J, Sci, Technol, Vol 30 (Suppl,1)*, pp. 149-165, 2008.
- [3] S. Setiadji, et al., "Synthesis of Polydimethylsiloxane and its Monomer from Hydrolysis of Dichlorodimethylsilane", *Key Engineering Materials* 860, 234-238, 2020.
- [4] S. Setiadji, et al., "Optimization of Polydimethylsiloxane synthesized parameters as vitreous humour substitutes", *Materials Science Forum* 966, 189-193, 2019.
- [5] D. G. Auliya, et al., "Physical characterization and in vitro toxicity test of PDMS synthesized from low-grade d4 monomer as a vitreous substitute in the human eyes", *Journal of Functional Biomaterials* 13(1), 3, 2022.
- [6] S. Setiadji, et al., "Synthesis and Characterization of Polydimethylsiloxane (PDMS) with Medium Viscosity via Ring-Opening Polymerization", *Materials Science Forum* 1028, 346-351, 2021.
- [7] D. G. Auliya, et al., "Synthesis of low viscosity polydimethylsiloxane using low grade of octamethylcyclotetrasiloxane", *Materials Science Forum* 1028, 365-370, 3, 2021.
- [8] S. Setiadji, dkk., "Uji stabilitas bahan polydimethylsiloxane", *J. Material dan Energi Indonesia* 9, 8-17, 2019.
- [9] D. G. Auliya, et al., "Use of Dichlorodimethylsilane to Produce polydimethylsiloxane as a substitute for vitreous humour: characteristics and in vitro toxicity", *Journal of Functional Biomaterials* 14 (8), 425, 2023.
- [10] U. Fauziah, et al., "Synthesis of Polydimethylsiloxane with hydrolysis and condensation methods using monomer of Dichlorodimethylsilane as vitreous humour substitute", *Journal of Physics: Conference Series* 2165 (1), 012026, 2022.
- [11] D. G. Auliya, et al., "Stability Test and Storage of PDMS as a Biomaterial for Vitreous Humour Substitution in Vitreoretinal Surgery", *Applied Mechanics and Materials* 915, 25-30, 2023.
- [12] V. F. Arini, et al., "Synthesis of low viscosity of polymethylhydrosiloxane using monomer of dichloromethylsilane", *Journal of Physics: Conference Series* 2165 (1), 012041, 2022.
- [13] W. Waslaluudin, et al., "Formulation, Process, and Scale-Up Engineering of Silicone Oil", *Materials Science Forum* 1028, 377-382, 2021.
- [14] D. Sandi, dkk., "SINTESIS DAN KARAKTERISASI MONOMER PENGGANTI OCTAMETHYLCYCLOTETRASILOXAN E DARI HIDROLISIS SENYAWA DICHLORODIMETHYLSILANE," *Jurnal Material dan Energi Indonesia* 10(02), 83-88, 2020.
- [15] T. Funami, Y. Kataoka, T. Omoto and Y. Goto, "Food hydrocolloids control the gelatinization and retrogradation behavior of starch. 2a. Functions of guar gums with different molecular weights on the gelatinization behavior of corn starch," *Food Hydrocolloids*, 19(1), pp. 15-24, 2005.
- [16] A. Purwanti, "Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik Khitosan Terplastisasi Sorbitol," Yogyakarta: *Institute Sains dan Teknologi AKPRIND*, 2010.
- [17] S. Hidayati, A. S. Zuidar, and A. Ardiani, "APLIKASI SORBITOL PADA PRODUKSI BIODEGRADABLE FILM DARI NATA DE CASSAVA," *Reaktor*, 15(3), pp. 195-203, Oct. 2015.
- [18] S. Widyaningsih, D. Kartika, "PENGARUH PENAMBAHAN SORBITOL DAN KALSIMUM KARBONAT TERHADAP KARAKTERISTIK DAN SIFAT

BIODEGRADASI FILM DARI PATI
KULIT PISANG," *Molekul*, **7**(1), 2012.

- [19] I. Prasetya, S. H. Istiqomah, "Pembuatan Bioplastik Berbahan Bonggol Pisang dengan Penambahan Gliserol," *SANITASI: Jurnal kesehatan lingkungan*, **8**(2), 2016.